

Requested Patent: JP6325109A

Title:

SYSTEM AND METHOD FOR EVALUATING PRODUCT DESIGN SPECIFICATION ;

Abstracted Patent: JP6325109 ;

Publication Date: 1994-11-25 ;

Inventor(s): SUGINO KAZUHIRO; others: 04 ;

Applicant(s): HITACHI LTD ;

Application Number: JP19930229054 19930914 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: G06F15/60 ; G06F15/20 ;

Equivalents: JP2987032B2

ABSTRACT:

PURPOSE: To generate relation among defective phenomena of past trial products, evaluation items at the time of an analysis of a product, and various elements of respective designs of the product and to evaluate and optimize a design specification plan for a new product on the basis of the relation.

CONSTITUTION: A trial product data management part 24 has data including design specification defect information on existent trial products and a design knowledge management part 25 has respective analytic programs for the evaluation items. Feature quantities of a product shape and material are extracted from the design specification plan for the new product, data having feature quantities similar to the extracted feature quantities are taken out of the trial product data management part 24, and a defect causal relation generation part 26 generates the relation (causal relation) among three elements, i.e., the defect phenomena, evaluation items, and various design elements. On the basis of the defect causal relation, an evaluation order generation part 28 generates the order of the evaluation items to be evaluated. In this order, the evaluation items are analyzed by a simulation program stored in the design knowledge management part 25 and a design plan evaluation part 42 decides whether or not the values of various design elements of the inputted product design specification plan need to be corrected on the basis of the analysis results.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-325109

(43) 公開日 平成6年(1994)11月25日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/60	3 1 0	7623-5L		
15/20	D	8724-5L		

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願平5-229054	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成5年(1993)9月14日	(72) 発明者	杉野 和宏 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株 式会社日立製作所生産技術研究所内
(31) 優先権主張番号	特願平5-59017	(72) 発明者	西川 博子 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株 式会社日立製作所生産技術研究所内
(32) 優先日	平5(1993)3月18日	(72) 発明者	荻木 貴雄 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株 式会社日立製作所生産技術研究所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 富田 和子

最終頁に続く

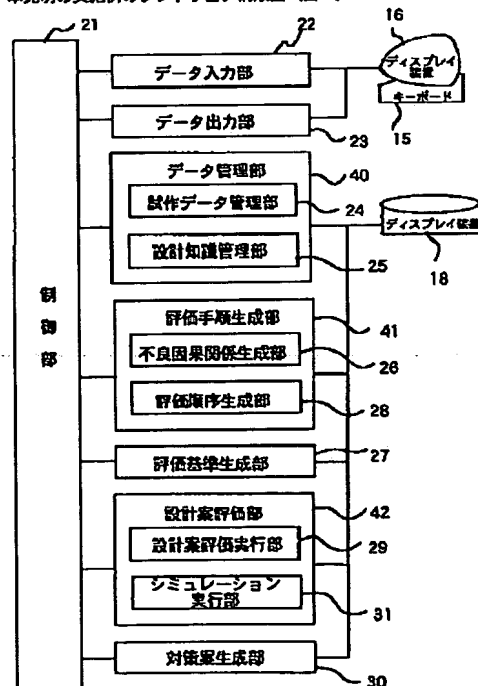
(54) 【発明の名称】 製品設計仕様評価システム及び製品設計仕様評価方法

(57) 【要約】

【目的】 過去の試作品における不良現象、製品を解析する際の評価項目、製品の各設計の諸元との関係を生成し、この関係に基づいて新製品の設計仕様案を評価して最適化する。

【構成】 既試作品の設計仕様・不良情報を含むデータを試作データ管理部24に有し、評価項目の各々の解析プログラムを設計知識管理部25に有する。新製品の設計仕様案から製品形状・材質の特徴量を抽出し、該特徴量と類似する特徴量を持つデータを試作データ管理部24から取り出し、不良現象、評価項目及び設計諸元の3要素間の関係(不良因果関係)を不良因果関係生成部26により生成する。この不良因果関係に基づいて、解析すべき評価項目の順序を評価順序生成部28により生成する。この順序で、前記設計知識管理部25に格納されたシミュレーションプログラムにより評価項目の解析を行ない、この解析結果に基づいて入力された製品設計仕様案の設計諸元の値の修正の要否を設計案評価部42により判定する。

本発明の実施例のソフトウェア構成図(図2)



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも、製品の形状、構造、材質、製造条件、設計制約のうちの1つを含む製品設計仕様案を入力する入力手段と、

既に試作された製品の設計仕様である試作仕様と、該試作仕様毎の不良の種類、発生率、発生部位の少なくとも1つを含む不良情報とから成る試作データを予め保持し管理する試作データ管理手段と、

製品設計仕様案を評価する際に解析を行なうべき評価項目のそれぞれに対して、解析を行なうためのシミュレーションプログラムを有する設計知識管理手段と、

前記製品設計仕様案から製品の特徴量を抽出し、該特徴量と類似する特徴量を有する試作データを前記試作データ管理手段から取り出し、評価項目と不良現象との第1の関係、および、製品設計仕様案による製品の設計データである設計諸元と前記評価項目との第2の関係を求め、前記第1および第2の関係から不良現象、評価項目及び設計諸元の3要素間の関係である不良因果関係を生成する不良因果関係生成手段と、

該不良因果関係生成手段から得られる不良因果関係から不良発生率の大小、設計制約の強弱、諸元修正の難易のうち少なくとも1つを考慮して、解析すべき評価項目の順序を生成する評価順序生成手段と、

該評価順序生成手段により生成された順序に従って、前記設計知識管理手段に格納されたシミュレーションプログラムを用いて評価項目の解析を行ない、この解析結果に基づいて入力された製品設計仕様案の設計諸元の値の修正の可否を判定する設計案評価手段と、

を備えることを特徴とする製品設計仕様評価システム。

【請求項2】請求項1において、前記不良因果関係生成手段は、前記第1の関係を前記試作データの不良現象と評価項目の値との相関に基づいて生成し、前記第2の関係を前記設計知識管理手段により管理されている評価項目と設計諸元との関係と、前記設計仕様案の制約条件とに基づいて生成することを特徴とする製品設計仕様評価システム。

【請求項3】請求項1において、評価順序生成手段は、前記不良因果関係において、不良発生率の大きさの順に評価する評価項目の順序を生成し、不良発生率が等しい場合には不良現象と評価項目との相関を求めて、該相関の強さの順に評価する評価項目の順序を生成することを特徴とする製品設計仕様評価システム。

【請求項4】請求項1において、前記設計案評価手段により設計諸元の値の修正が必要であると判定された場合に、前記修正すべき設計諸元および修正の量を決定する対策案生成手段を備えることを特徴とする製品設計仕様評価システム。

【請求項5】請求項1において、前記試作データ毎に、該試作データの設計諸元に基づいてシミュレーションで求めた評価項目の値と、不良発生率との関係とに基づい

て不良率予測グラフを生成し、該グラフにおいて不良発生率が“0”である評価項目の値の範囲を求め、該不良発生率が“0”である評価項目の値の範囲を当該評価項目に対する許容範囲として評価基準を生成する評価基準生成手段を備え、

前記設計案評価手段は、前記解析結果が前記許容範囲内にある場合には、前記製品設計仕様案の設計諸元の値の修正は不要であると判定し、前記解析結果が前記許容範囲内でない場合には、前記製品設計仕様案の設計諸元の値の修正が必要であると判定することを特徴とする製品設計仕様評価システム。

【請求項6】請求項4において、前記設計案評価実行手段は、

前記シミュレーションに入力される設計諸元の変動と、該変動に対するシミュレーションの結果の値の変動比である感度を求め、

前記対策案生成手段は、前記感度と、シミュレーション結果の値と評価基準との差である余裕度と、不良因果関係に示される設計諸元と他の評価項目との関係とから、

既に評価・対策済の評価項目への影響がない設計諸元、あるいは影響がある場合には当該評価項目の余裕度の大きい設計諸元で、感度の大きい設計諸元を選択し、選択した各設計諸元の感度と修正量との積和が評価項目値の基準はみ出し量と等しくなるように、各設計諸元の修正量を決定することを特徴とする製品設計仕様評価システム。

【請求項7】請求項3において、前記評価順序生成手段は、前記不良因果関係において最大不良率を有する不良現象に関連する評価項目の評価順序を第1とし、

前記最大不良率を有する不良現象に関連する評価項目が複数存在する場合には、該複数の評価項目の中で、前記最大不良率を有する不良現象との相関が最大である評価項目の評価順序を第1とし、

前記最大不良率を有する不良現象との相関が最大である評価項目が複数存在する場合には、該複数の評価項目の中で、他の不良現象との関連が最小である評価項目の評価順序を第1とすることを特徴とする製品設計仕様評価システム。

【請求項8】少なくとも、製品の形状、構造、材質、製造条件、設計制約のうちの1つを含む製品設計仕様案を入力し、

既に試作された製品の設計仕様である試作仕様と、該試作仕様毎の不良の種類、発生率、発生部位の少なくとも1つを含む不良情報とから成る試作データを予め保持し管理し、

製品設計仕様案を評価する際に解析を行なうべき評価項目のそれぞれに対して、解析を行なうためのシミュレーションプログラムを設け、

前記製品設計仕様案から製品の特徴量を抽出し、該特徴量と類似する特徴量を有する試作データを前記試作デ

タ管理手段から取り出し、評価項目と不良現象との第1の関係、および、製品設計仕様案による製品の設計データである設計諸元と前記評価項目との第2の関係を求め、前記第1および第2の関係から不良現象、評価項目及び設計諸元の3要素間の関係である不良因果関係を生成し、

該不良因果関係生成手段から得られる不良因果関係から不良発生率の大小、設計制約の強弱、諸元修正の難易のうち少なくとも1つを考慮して、解析すべき評価項目の順序を生成し、

該順序に従って、前記シミュレーションプログラムを用いて評価項目の解析を行ない、この解析結果に基づいて入力された製品設計仕様案の設計諸元の値の修正の要否を判定することを特徴とする製品設計仕様評価方法。

【請求項9】請求項8において、前記第1の関係を前記試作データの不良現象と評価項目の値との相関に基づいて生成し、前記第2の関係を前記管理されている評価項目と設計諸元との関係と、前記設計仕様案の制約条件とに基づいて、前記不良因果関係を生成することを特徴とする製品設計仕様評価方法。

【請求項10】請求項8において、前記不良因果関係において、不良発生率の大きさの順に評価する評価項目の順序を生成し、不良発生率が等しい場合には不良現象と評価項目との相関を求めて、該相関の強さの順に評価する評価項目の順序を生成することを特徴とする製品設計仕様評価方法。

【請求項11】請求項8において、前記設計諸元の値の修正が必要であると判定された場合に、前記修正すべき設計諸元および修正の量を決定することを特徴とする製品設計仕様評価方法。

【請求項12】請求項8において、前記試作データ毎に、該試作データの設計諸元に基づいてシミュレーションで求めた評価項目の値と、不良発生率との関係とに基づいて不良率予測グラフを生成し、該グラフにおいて不良発生率が“0”である評価項目の値の範囲を求め、該不良発生率が“0”である評価項目の値の範囲を当該評価項目に対する許容範囲として評価基準を生成し、前記解析結果が前記許容範囲内にある場合には、前記製品設計仕様案の設計諸元の値の修正は不要であると判定し、前記解析結果が前記許容範囲内でない場合には、前記製品設計仕様案の設計諸元の値の修正が必要であると判定することを特徴とする製品設計仕様評価方法。

【請求項13】請求項11において、前記シミュレーションに入力される設計諸元の変動と、該変動に対するシミュレーションの結果の値の変動比である感度を求め、

前記感度と、シミュレーション結果の値と評価基準との差である余裕度と、不良因果関係に示される設計諸元と他の評価項目との関係とから、既に評価・対策済の評価項目への影響がない設計諸元、あるいは影響がある場合

には当該評価項目の余裕度の大きい設計諸元で、感度の大きい設計諸元を選択し、選択した各設計諸元の感度と修正量との積和が評価項目値の基準はみ出し量と略等しくなるように、各設計諸元の修正量を決定することを特徴とする製品設計仕様評価方法。

【請求項14】請求項10において、前記不良因果関係において最大不良率を有する不良現象に関連する評価項目の評価順序を第1とし、

前記最大不良率を有する不良現象に関連する評価項目が複数存在する場合には、該複数の評価項目の中で、前記最大不良率を有する不良現象との相関が最大である評価項目の評価順序を第1とし、

前記最大不良率を有する不良現象との相関が最大である評価項目が複数存在する場合には、該複数の評価項目の中で、他の不良現象との関連が最小である評価項目の評価順序を第1とすることを特徴とする製品設計仕様評価方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、製品の設計仕様（製品の形状、構造、材質等）の設計案の良否を判断し、否と判断された場合には適切な変更案を生成する製品設計仕様評価システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より製品の設計仕様を評価・決定するための解析方法、あるいは、解析システムが数多く発表されている。例えば、モールド金型設計用の流動解析、冷却解析等を行なうシステムとしては、「型技術—プラスチック射出成形金型設計データブッカー」の第2巻第11号の第2章第16頁から第19頁（日刊工業新聞社発行（昭和62年10月20日））において論じられている。該システムは、成形プロセスに従って、流動解析、伝熱解析、構造解析を順次行い、設計仕様が満たされるか否かを個々の解析結果によって確認するものである。

【0003】この場合、各解析の項目はすべてが同等に製品に影響するものではない。そのため、設計者自身が当該製品における各解析項目の重要性を判断し、製品に対応した評価項目を取捨選択していた。そして、該選ばれた評価項目を中心として、実際の評価を行っている。

【0004】なお、この種の解析システムとして関連するものには例えば特開昭63-85871号、特開平2-27856号、同3-127271号、同3-147023号、同3-265974号、同4-75108号、同4-137073号、同4-153775号の各公報等が挙げられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、製品が複雑化した現在では評価項目が増大し、実際に評価を行う評価項目の選択自体が困難になっている。また、各評価項目毎に重要性が異なるため、優先順位をつけることなく、単純に順番を追って解析していくことは効率的では

ない。設計期間のさらなる短縮化が進みつつある現在、この問題はますます重大となりつつある。

【0006】上記従来技術においては、以下の点について配慮されておらず、限界設計に近づいている（設計時の度量衡の単位が極めて小さくなっている）新製品の設計及び設計仕様評価に適用しても十分な効果を挙げることができなかった。

【0007】限界設計に近づいている製品においては、製品仕様を決定するには、専門技術分野の異なる設計部門間にまたがって係わる設計諸元（たとえば、チップ位置、チップ厚等）を、各種（各専門技術分野の異なる）観点から評価する必要がある。

【0008】このように全体的な評価を行うためには、設計仕様案の評価に必要な評価項目の選択、選択された評価項目の評価順序の決定、決定された評価項目による評価の基準の決定を行なう必要がある。ところが、異なる専門技術に係わる評価技術を要求されるために、全ての評価技術を使いこなすことができない場合が多い。また使いこなすことができる場合においても、設計者の固有の勘と経験によって（客観性なく）、評価項目、評価順序、評価基準を決定しなければならない。

【0009】これにより、担当設計者によって最終的に得られる仕様が大きく異なり、評価工数、期間も大きく異なってくる。また、設計仕様の決定に重要な評価項目の見落としが発生したり、評価工数、期間が著しく増大するという問題がある。また、従来は設計マージンが大きく、設計者固有の経験に基づく基準で評価しても、最終仕様には大きな影響がなかったが、限界設計に近づきつつある製品の設計では、評価基準の決定に客観性がなくあいまいであることが、製品不良の発生に大きく影響するようになり、設計品質を低下させる原因となっている。

【0010】また、従来技術においては、決定された評価基準に基づいて評価項目が評価され、不良発生の可能性が把握されても、具体的に変更すべき設計諸元の決定、あるいはこの設計諸元の変更量の決定については客観性がなく、設計者の経験や勘に頼らなければならない。このため、変更すべき設計諸元を適切に決定できなかったり、適切な決定までに何回も変更を繰り返さなければならない状況にある。このため、設計品質が低下し、設計から試作までの繰り返しが多発している。

【0011】本発明の目的は、上記問題を解決し、限界設計に近づいている製品の設計仕様案を評価し、この評価に基づき設計仕様案を修正して、設計仕様案を決定することができる製品設計仕様評価システムを提供することにある。

【0012】より具体的に目的を示すと、本発明の第1の目的は、設計仕様案に対する評価項目の選択、選択された評価項目の評価順序、各評価項目に対する評価の基準の決定を、客観的に行なうことができる製品設計仕様

評価システムを提供することである。このために、設計仕様案と類似した試作データにおける、設計諸元と、評価項目と、発生不良との関係を定量化し、この関係に基づいて設計仕様案の評価項目の選択、選択された評価項目の評価順序の決定、各評価項目に対する評価の基準の決定を行なう。

【0013】次に、本発明の第2の目的は、決定された評価基準に基づいて評価項目を評価し不良発生の可能性を把握した後、具体的に変更すべき設計諸元の決定、あるいはこの設計諸元の変更量の決定を客観的に行なうことができる製品設計仕様評価システムを提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明によれば、少なくとも、製品の形状、構造、材質、製造条件、設計制約のうちの1つを含む製品設計仕様案を入力する入力手段と、既に試作された製品の設計仕様である試作仕様と、該試作仕様毎の不良の種類、発生率、発生部位の少なくとも1つを含む不良情報とから成る試作データを予め保持し管理する試作データ管理手段と、製品設計仕様案を評価する際に解析を行なうべき評価項目のそれぞれに対して、解析を行なうためのシミュレーションプログラムを有する設計知識管理手段とを備えることができる。また、前記製品設計仕様案から製品の特徴量を抽出し、該特徴量と類似する特徴量を有する試作データを前記試作データ管理手段から取り出し、評価項目と不良現象との第1の関係、および、製品設計仕様案による製品の設計データである設計諸元と前記評価項目との第2の関係を求め、前記第1および第2の関係から不良現象、評価項目及び設計諸元の3要素間の関係である不良因果関係を生成する不良因果関係生成手段を備えることができる。さらに、該不良因果関係生成手段から得られる不良因果関係から不良発生率の大小、設計制約の強弱、諸元修正の難易のうち少なくとも1つを考慮して、解析すべき評価項目の順序を生成する評価順序生成手段と、該評価順序生成手段により生成された順序に従って、前記設計知識管理手段に格納されたシミュレーションプログラムを用いて評価項目の解析を行ない、この解析結果に基づいて入力された製品設計仕様案の設計諸元の値の修正の要否を判定する設計案評価手段とを備えることができる。

【0015】

【作用】製品設計仕様評価システムを稼働させる前に事前処理として、試作データ管理手段に、既に製作された試作品の形状、構造、材料、製造条件等の仕様（試作仕様）と、試作品毎の不良の種類、発生率、発生部位等の不良情報とから成る試作データを予め登録する。

【0016】次に、入力手段を用いて、評価対象となる新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様案と設計仕様の制約を入力する。

【0017】不良因果関係生成手段により、前記入力手段によって入力された新製品の設計仕様案の特徴量を抽出し、この特徴量と設計仕様の制約とに基づいて、前記試作データ管理手段に登録された試作仕様から、設計仕様案と類似した試作仕様を抽出する。この試作仕様の設計諸元、この諸元に対する評価項目の値および不良（不良現象）の関係（不良因果関係）を生成する。

【0018】評価基準生成手段により、前記不良因果関係生成手段により生成された不良因果関係を構成している不良現象と評価項目との間の関係に対して、不良発生率と評価項目の値との関係をプロットすることにより不良発生率予測グラフを生成する。この不良発生率予測グラフにおいて、不良発生率が0である評価項目の値の範囲を、この評価項目に対する許容範囲とすることにより評価基準を生成する。すなわち、設計仕様案の設計諸元から計算される評価項目の値がこの許容範囲に入っている場合に、設計仕様案を良と判断することとする。

【0019】評価順序生成手段により、前記不良因果関係生成手段によって生成された不良因果関係に基づいて、この設計仕様案を評価する際的评价項目を選択し、選択された評価項目の評価順序を決定する。これは、不良発生率が最大の不良現象を取り出し、この不良現象に関係する評価項目を取り出して第1の評価項目とする。取り出した評価項目が複数ある場合には、不良現象と評価項目との二要素間の関係の不良発生率が大きい評価項目、他の不良現象に関連がない評価項目を先に評価対象とするように評価順序を生成する。

【0020】該評価順序生成手段によって生成された評価順序に従って、シミュレーション実行手段により評価項目の値を求める。これは、各評価項目に対して評価実行手段に用意されているシミュレーションプログラムに、設計仕様案の各設計諸元の値をデータとして与えて、前記シミュレーションプログラムを実行することにより行なわれる。

【0021】前記シミュレーション実行手段により求められた評価項目の値と、前記評価基準生成手段により生成された評価基準とに基づいて、設計案評価実行手段により設計仕様案の評価を行なう。具体的には、評価項目の値が評価基準による許容範囲内である場合には、設計仕様案を良と評価し、設計仕様案の修正は不要であると評価する。評価項目の値が評価基準による許容範囲内でない場合には、設計仕様案を否と評価し、設計仕様案の修正が必要であると評価する。

【0022】前記設計案評価実行手段により、設計仕様案の修正が必要であると評価されると、さらに設計仕様案の変更量を求める。具体的には、評価された評価項目の値と評価基準の許容範囲との差（これを余裕度と称する）を求める。また、不良因果関係においてこの評価項目と関係のある設計諸元の各々に関して、設計諸元の値の変動に対する評価項目の値の変動の比である感度を求

める。

【0023】対策案生成手段により、この感度と、余裕度と、不良因果関係に示される設計諸元と他の評価項目との関係とから、既に評価・対策済の評価項目への影響がない設計諸元、あるいは影響がある場合には評価項目の余裕度の大きい設計諸元で、感度の大きい設計諸元を選択し、選択した各設計諸元の感度と修正量との積和が評価項目値の基準はみ出し量（修正前の評価項目の値が、許容範囲からはみ出している量）になるように、各設計諸元の修正量を決定する。

【0024】また、設計の過程の情報を保持しておけば、生成した不良因果関係とそれに付随する情報と共に、設計案の評価結果、設計諸元の修正過程及び修正結果を逐次残し、予測される不良回避のための修正諸元と修正量に関する意図を蓄積し、再利用するので、仕様変更に伴う他諸元の評価結果への影響を容易に把握できる。

【0025】さらに、バス、バス制御装置、中央処理装置、ディスク制御装置、主記憶装置、ディスプレイ装置、キーボード、及びディスクから構成されるワークステーションにおいて、上記製品設計仕様評価システムを構成する試作データ管理手段、入力手段、不良因果関係生成手段、評価基準生成手段、評価順序生成手段、設計案評価手段、及び対策案生成手段を同主記憶装置上に記憶し、試作データ管理手段によって管理される試作データを同ディスク上に格納して、同中央処理装置が同主記憶装置上の各手段を実行することで、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様と設計仕様の制約とに基づき、既開発製品の試作データに暗に含まれる不良発生の原因を不良現象、評価項目、設計諸元との因果関係により抽出し、不良の原因を系統的に回避できるので、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様を総合的に効率良く評価し、かつ必要があれば適切な設計仕様に効率良く容易に修正することができる。

【0026】さらに、上記ワークステーション・計算機装置において、上記製品設計仕様評価システムを構成する試作データ管理手段、入力手段、不良因果関係生成手段、評価基準生成手段、評価順序生成手段、設計案評価手段、及び対策案生成手段を同ワークステーション側の主記憶装置上に記憶し、同製品設計仕様評価システムを構成する不良因果関係生成手段、評価基準生成手段、評価順序生成手段、設計案評価手段、及び対策案生成手段を計算機側の主記憶装置に記憶し、試作データ管理手段によって管理される試作データを計算機側のディスク上に格納することで、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様と設計仕様の制約とに基づき、既開発製品の試作データに暗に含まれる不良発生の原因を不良現象、評価項目、設計諸元との因果関係により抽出し、不良の原因を系統的に回避し、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様を総合的に効率良く評価し、

かつ必要があれば適切な設計仕様に効率良く容易に修正できるとともに、当該各手段を実行するときに、処理負荷に応じて計算機側の中央処理装置を利用し応答性能を高めることができ、大規模な試作データにも対応することができる。

【0027】

【実施例】以下、本発明を図を用いて説明する。

【0028】先ず、本発明による基本的な製品設計仕様評価システムについて説明する。図1は本発明に係る製品設計仕様評価システムを搭載するハードウェアの構成を示し、図2は製品設計仕様評価システムのソフトウェアの構成を示したものである。図1に示すように、製品設計仕様評価システムを搭載するハードウェア構成は、バス制御装置12による制御下におかれている。マルチバス11には中央処理装置13の他、ディスク制御装置17を介しディスク装置18が収容されており、中央処理装置13には主記憶装置14、ディスプレイ装置16およびキーボード15が収容されたものとなっている。これによりキーボード15より入力されたデータは中央処理装置13によって主記憶装置14に格納されると同時に、ディスプレイ装置16に表示される。また、主記憶装置14上のデータは、中央処理装置13によってマルチバス11、ディスク制御装置17を介しディスク装置18に格納されるなどして、データが授受転送されるようになっている。

【0029】図2に示すように、システムのソフトウェアは、データ入力部22、データ出力部23、データ管理部40、評価手順生成部41、評価基準生成部27、設計案評価部42、対策案生成部30および制御部21などの処理・制御用ソフトウェアを含むようにして構成されたものとなっている。さらに、データ管理部40は試作データ管理部24と設計知識管理部25から、評価手順生成部41は不良因果関係生成部26と評価順序生成部28から、設計案評価部42は設計案評価実行部29とシミュレーション実行部31から構成されたものとなっている。

【0030】ここで、図2の各処理部と、図1の構成図との関係について説明する。本発明による製品設計仕様評価システムは、図1に示すマルチバス11、バス制御装置12、中央処理装置13、主記憶装置14、キーボード15、ディスプレイ装置16、ディスク制御装置17およびディスク装置18のハードウェアから構成されるもので、上記主記憶装置14上に、図2に示す製品設計仕様評価システムのソフトウェアの各処理部が記憶され、上記ディスク装置18には、図2の試作データ管理部24により管理される試作データと設計知識管理部25により管理される設計ノウハウが格納されており、同中央処理装置13が、同主記憶装置14上の製品設計仕様評価システムの各処理部を稼働させることによって、設計仕様の評価、対策、決定を行なう。

【0031】以下、これらについて、より具体的に示す。

【0032】データ入力部22は、形状、構造、材料特性および製造条件等の設計仕様案と、この設計仕様案中の内容の変更の可否、あるいは変更許容範囲等の設計制約とをシステムの中に取り込むようになっている。

【0033】データ管理部40は、試作データ管理部24と設計知識管理部25から構成されている。試作データ管理部24は、既に開発された製品の形状、構造、材料及び製造条件等の試作仕様と、試作毎に発生した不良の種類、発生率及び発生部位等の不良情報とから成る試作データを保持・管理するようになっている。この試作データは、システムを稼働させる前に予めディスク装置18に格納されるものとなっている。

【0034】また、設計知識管理部25は、製造プロセスにおける不良発生過程に関する設計者のノウハウを保持・管理するようになっており、ノウハウデータはシステムを稼働させる前に予めディスク装置18に格納されるものとなっている。設計知識管理部25で管理されているデータの一例を図3(a)を用いて説明すると、チップ上下の流速差大3001、流動アンバランス3002、応力差大3003、リードフレーム変形3004の物理的状态を経てボイド不良3005が発生するというノウハウが、各状態における物理量のパラメータと、各状態間の推移に影響する設計諸元(3006, 3007, 3008, 3009)のパラメータと共に示されている。

【0035】評価手順生成部41は、不良因果関係生成部26と評価順序生成部28から構成されている。不良因果関係生成部26は、データ入力部22から入力された形状、構造、材料特性および製造条件等の設計仕様案と、この設計仕様案中の内容の変更の可否あるいは変更許容範囲等の設計制約とから特徴量を算出する。一方、試作データ管理部24に格納されている試作データの各々についても、特徴量を算出する。

【0036】ここで、特徴量を以下(a)～(e)により具体的に説明する。

【0037】(a)形状(複雑さ)

チップ位置、パッケージ内部構造(たとえば、図15、図16に示すような流動状態に関係するもので、チップ形状、リードフレーム形状、チップの大きさ、厚さ)、タブの有無、タブの大きさ、タブの形状等である。

【0038】(b)大きさ

パッケージ体積、パッケージの縦横比等である。

【0039】(c)材料

樹脂材料(該材料の粘度パラメータ、比熱、密度等)、リードフレーム材料(該材料が、銅であるか42アロイであるか等)である。

【0040】(d)製造条件

成形温度、速度、金型の種類(シングルポット、マルチポット等)、金型の体積、キャピティの位置、ゲート位置、ゲート角である。

50 【0041】(e)製造過程

成形中に樹脂の流れ方に影響するもので、図15、図16に示す解析モデルとの関連で代用できる。

【0042】この後、設計仕様案の特徴量と試作データの特徴量とを比較し、類似する特徴量を有するこの試作データの不良現象（不良の種類、発生率、発生部位）と評価項目と設計諸元との関係である不良因果関係を生成する。

【0043】不良因果関係を生成する方法について説明する。まず、不良現象と評価項目との相関を求め、不良現象と評価項目との全ての二要素間関係を生成する。この2要素間関係を、図19に示す。相関については、「演算確率統計」（洲之内、寺田、舟根共著、サイエンス社発行）のp. 7～p. 8を中心に記載されている。この不良現象と評価項目との関係は、試作データから得られる不良発生率から求めることができる。これら二要素間関係を形成する評価項目に関して、評価項目毎に、設計仕様案の中でこの評価項目に影響し、かつ制約条件下で変更可能な設計諸元から、評価項目と設計諸元との二要素間関係を生成する。この2要素間関係を、図20に示す。不良現象、評価項目の二要素間関係と評価項目、設計諸元の二要素間関係とから不良現象、評価項目、設計諸元の三要素間の関係を表わす不良因果関係を生成する。

【0044】この不良因果関係を、図3を用いて説明する。

【0045】図3（a）は、モールド成形時の、製品不良に至るまでの製品状態を示すものである。楕円で囲まれた3001、3002、3003、3004、3010、3013は経過状態を示し、二重楕円で囲まれた3005、3012は製品不良の状態を示す。3006、3007、3008、3009、3011は、状態が変化するときに影響する要素（設計諸元）を示す。

【0046】たとえば、チップ上下流速差大3001、流動アンバランス3002、応力差大3003、リードフレーム変形3004の状態を経て、ボイド発生3005の不良状態に至る。また、流動アンバランス3002の状態から、直接、ボイド発生3005という不良状態に至ることもある。また、粘度大3010の状態から、ボイド発生3005の不良状態に至ることもある。

【0047】図3（a）のように、不良現象3005、3012と、評価項目3002、3004、3010と、設計諸元3009、3006、3011との関係がある場合に、これらの関係を整理して（相関の度合いの強いものを残す等して整理する）、不良因果関係を図3（b）に示されるように生成することができる。図3（b）において、不良現象の発生率、設計諸元の値は、過去の試作データから得られる。評価項目の値は、過去の試作データの設計諸元の値からシミュレーション（評価項目毎にシミュレーション用のプログラムが用意されている）によって得られる。図3

（b）は後述する図4-1の成形性3121に関する不良因果関係の一部について示したものである。即ち、図6の成

形性3121の評価については、図3（b）の流動バランス、リードフレーム変形量、粘度等の評価項目について評価を行なうことを示している。図6の熱応力3122、放熱性3123、リードフレームパターン3131、リードフレーム強度3132、ボンディングプロセス3141、成形プロセス3142、レンジ材3151、リードフレーム材3152の各々に対しても、図3（b）のような不良因果関係を生成することができる（もちろん、不良現象、評価項目、設計諸元の各々の内容は異なる）。

【0048】ここで、図18を用いて不良因果関係についてより全体的に説明する。例えば、ボイド発生901という不良現象はリードフレーム変形量911、流動バランス912、及び粘度913という評価項目と関係があり、リードフレーム変形量911という評価項目の値はチップ位置920、リードフレーム板厚922及びリードフレーム吊り位置923という設計諸元と関係がある（これらの設計諸元を入力として、解析シミュレーションを行ない求めることができる）ことを示している。図18は、設計諸元と不良発生との関係が複雑であるものでも、適当な評価項目を選び、この評価項目を介することで簡潔な関係に表現できることを示している。

【0049】図2に戻り、評価順序生成部28は、前記設計仕様案と類似した特徴量を有する試作データを、評価項目ごとに試作データ管理部24から取り出し、不良現象毎の不良率を算出し、不良因果関係に示されている不良現象の不良率として設定するようになっている。

【0050】さらに、不良因果関係に示されている不良現象と評価項目との二要素間関係毎に、設計仕様案から得られる特徴量と類似した特徴量をもつ試作データを試作データ管理部24から取り出し、評価項目に関する不良現象毎の不良率を算出し、不良因果関係に示されている不良現象と評価項目との二要素間関係の不良発生率として設定するようになっている。それから、不良因果関係上の不良現象に設定された不良発生率が最大の不良現象を取り出し、この不良現象に関係する評価項目を取り出し、この評価項目を第一の評価対象とする。取り出した評価項目が複数ある場合には、不良現象と評価項目との二要素間関係の不良発生率が大きい評価項目、他の不良現象に関連がない、あるいは関係の小さい評価項目の順に評価対象とするように評価手順を生成するようになっている。

【0051】評価基準生成部27は、不良因果関係生成部26により生成された不良因果関係を構成している不良現象、評価項目の二要素間の全ての関係に対して、同関係毎に、設計仕様案と類似した特徴量を有する試作データの、評価項目の値と不良発生率との関係をプロットし、不良率予測グラフを生成する。

【0052】この不良率予測グラフの具体例を図21に示す。不良率予測グラフは、過去の試作データ（不良発生率）と、シミュレーションによって得られる評価項目

の値との関係を示したものである。すなわち、図19に示す、不良現象と評価項目との二要素間関係を定量的に表現したもので、評価基準を生成するための中間結果と考えることができる。なお、図21は、リードフレーム変形量と、ボイド不良率との関係を示す不良率予測グラフである。

【0053】このグラフを生成した後、不良発生率が“0”である評価項目の範囲とそうでない範囲とに評価項目の値を分割し、不良発生率が“0”である範囲をこの評価項目に対する許容範囲として評価基準を生成する。

【0054】この評価基準の生成の方法について、図22を用いて説明する。

【0055】まず、処理1701において、評価項目の値（評価値）と不良発生との関係を導出する。具体的には、試作データの中の試作仕様（設計仕様）を入力データとして、シミュレーションを行ない、時間毎の評価項目の値を求める。そして、不良が発生した試作仕様と発生しない試作仕様とを分類する。

【0056】次に、処理1702において、処理1701の結果から、不良発生の有無が容易に判断することができる時間帯を決め、評価ウインドウを設定する。処理1703においては、評価項目と不良率との関係を導出する。評価ウインドウ中の試作仕様について、評価項目値と不良率との対応関係をグラフ化する。

【0057】処理1704においては、処理1703において生成された不良率予測グラフから、不良発生のない評価項目の許容範囲を求める。基準を、不良発生率が“0”である評価項目の値のうちのいずれにするか（図22の処理1704において、1705、1706のいずれにするか）は、設計マージンのとり方に依存する。

【0058】図23に、図22の処理1704で決定される評価基準を、処理1701に反映させた場合の例（評価基準の設定のしかたの例）を示す。

【0059】図2に戻り、設計案評価部42は、設計案評価実行部29とシミュレーション実行部31とから構成されている。設計案評価実行部29は、評価手順生成部28により生成された評価項目の評価順序に従って、シミュレーション実行部31を介して、評価項目の値を求めるために、シミュレーションを行なうようになっている（流動解析、変形解析および構造解析等のシミュレーションプログラムが備えられていて、シミュレーション実行部31により、値を求める評価項目の種類に応じて上記プログラムの中から選択されて実行される）。

【0060】このシミュレーションプログラムの実行に際して、設計案評価実行部29は、設計仕様案のパッケージ形状、構造、リードフレーム形状、成形条件、材料特性、チップ位置等のデータを、シミュレーションプログラムの実行に適した形式に変換したうえで、このデータを用いてシミュレーションプログラムを実行させる。さ

らに、設計案評価実行部29では、評価基準生成部27により生成された評価基準と、シミュレーション実行部31により得られた設計仕様案の評価項目の値とを比較して、この評価項目の値が評価基準内の値であるか否かを判定し、この判定に基づいて設計仕様案を変更する必要があるか否かを判断する。すなわち、評価基準内の値（許容範囲内の値）であれば設計仕様を変更する必要は無いと判断し、評価基準外の値（許容範囲外の値）であれば設計仕様を変更する必要があると判断する。変更する必要があると判断された場合には、当該評価項目の余裕度（評価基準と評価項目の値との差として計算される）を求める。また、不良因果関係に表現されている設計諸元であって当該評価項目と関係する設計諸元（複数ある場合には、各々の設計諸元）に関して、設計諸元の変動（位置、厚さ等の値の変動）に対する評価項目の値の変動比である感度を求める。

【0061】この感度の求め方について説明する。

【0062】まず、感度解析という考え方の概要と、感度の定義とについて説明する。感度解析は、設計案の評価において、評価基準（許容範囲）を満たさない場合に、設計諸元を修正するための修正量を定量的に把握するためのものである。

【0063】感度を以下のように定義することができる。シミュレーション結果によって得られる評価項目Fは、設計諸元a, b, c, …の関数と見做す。

【0064】 $F = F(a, b, c, \dots)$

設計諸元a, b, cに対する感度は、たとえば、図34のように定義する。図34(1)が、パラメータaの変化量(Δa)に影響するという意味で、(1)をパラメータaの感度と呼ぶことにする。実際には、パラメータが複数あり、複数パラメータの変更の組み合わせでFを評価基準内に入れる。感度の具体例を図35に示す。

【0065】図36に、上記の感度の定義を含む4種類の感度の定義のしかた（感度の表現法）を示す。

【0066】感度の計算方法の基本は、関数Fのパラメータaによる一次偏微分を計算することにある。すなわち、テーラー展開により得られる近似式、

【0067】

【数1】

(数1)

$$F(a + \Delta a) \approx F(a) + \frac{\partial F}{\partial a} \cdot \Delta a$$

【0068】より、関数Fのaによる一次偏微分は、

【0069】

【数2】

(数2)

$$\frac{\partial F}{\partial a} = \frac{F(a + \Delta a) - F(a)}{\Delta a}$$

【0070】である。すなわち、パラメータaと、パラ

メータ ($a + \Delta a$) に対するシミュレーションを行ない、関数 F のパラメータ a による一次偏微分の値を計算することができる。図37に、ソフトウェアによる、上記一次偏微分の値の計算方法について示す。

【0071】感度計算は、計算コストが莫大なので効率化を進める必要があるが、図37に示した方法のうちNo. 3の学習データ法は、事前にデータを用意することができるので、効率化を行なうことができる。本実施例においては、図37に示した方法のうちNo. 1の直接法を使用することを想定しているが、No. 2, No. 3の方法を使用してもよい。

【0072】感度計算を行なう際には、図38に示す指定項目を、ユーザにより指定される。

【0073】図2に戻り、対策案生成部30は、設計案評価実行部29で得られる評価項目に対する各設計諸元の感度、余裕度と、不良因果関係で示される設計諸元と他の評価項目との関係とに基づいて、各設計諸元の修正量を決定する。修正すべき設計諸元の候補としては、既に評価・対策済の評価項目への影響がない設計諸元、あるいは影響がある場合には評価項目の余裕度の大きい設計諸元で、感度の大きい設計諸元を選択する。選択された各設計諸元の修正量は、感度と修正量との積和が、評価項目の値の基準はみ出し量（修正前の評価項目の値と、許容範囲のしきい値との差）になるように決定する。

【0074】この修正量の決定にあたっては、評価項目*

(数3)

$$\Delta F_1 < K_a \cdot \Delta a + K_b \cdot \Delta b + K_c \cdot \Delta c + \dots$$

【0078】設計諸元 (a, b, c, \dots) には、何らかの制約条件があり、同組み合わせの中から、制約条件を満たすものが解である。

※

(数4)

$$\Delta F + \alpha = K_a \cdot \Delta a + K_b \cdot \Delta b + K_c \cdot \Delta c + \dots$$

$$\text{ユーザ指定} \left(K_a = \frac{\partial F}{\partial a}, K_b = \frac{\partial F}{\partial b}, K_c = \frac{\partial F}{\partial c}, \dots \text{の場合} \right)$$

【0080】図41に、上記各諸元の修正量 $\Delta a, \Delta b, \dots$ に関する制約式を示す。

【0081】図2に戻り、データ出力部23は、対策案生成部30で生成された複数の対策案と、これらの対策案の中から1つを選択するように操作者に要請するメッセージとを、ディスプレイ装置16の表示画面上に表示する。この要請に応じて、操作者が複数の対策案の中から1つをキーボード15により選択して指示することができる。この指示により、対策が決定する。

【0082】制御部21は、上記各処理部の実行を制御することで、製品設計仕様評価システム全体の処理の流れを管理するようになっている。

【0083】さて、本発明による製品設計仕様評価シス

の値 F と時間 t との関係が、図39のように示される場合、

(1) リードフレーム変形量のように、最終的に変形量が基準範囲内であれば良い場合には、図中の3901の部分のみ考慮する (3901の部分のみ、基準範囲内に入るようにする)。

【0075】(2) 流速×速度分布のように、全領域において、基準範囲内にあるようにする必要がある場合には、図中の3901, 3902の部分のみ考慮する (3901の部分および3902の部分が、基準範囲内に入るようにする。このとき、まず3901の部分が基準範囲内に入るようにし、次に3902の部分が基準範囲内に入るようにする。)

【0076】上記感度解析の結果を用いた設計諸元の修正方法について、図39を用いて説明する。評価項目に対するシミュレーション結果 F が、左図のように、基準外へ出たときに、関数 F が基準内へ入るように、設計諸元 (a, b, c, \dots) の修正量 ($\Delta a, \Delta b, \Delta c, \dots$) を適切に求めることである。即ち、はみ出し量 ΔF (F と基準との差) と、各諸元の感度 K_a, K_b, \dots から、各諸元の修正量 $\Delta a, \Delta b, \dots$ を求めることである。つまり、次の(数3)を満たす ($\Delta a, \Delta b, \Delta c, \dots$) の組み合わせを求めることである。

【0077】

(数3)

※ 【0079】

(数4)

テムを半導体プラスチックパッケージの設計に応用した場合を例にとって説明する。

【0084】まず、半導体プラスチックパッケージの構造について説明する。図4(a)は半導体プラスチックパッケージのLOC (Lead on Chip) 以前の構造の説明図、図4(b)はLOC (Lead on Chip) 構造の説明図である。従来構造パッケージ500は、電子回路を焼き付けたチップ501、チップ501を乗せ固定するタブ504、プリント基板等の外部装置とパッケージ500とを電気的に接続するためのリードフレーム502、チップ501とリードフレーム502とを電気的に接続するための金線505、及び外部環境からチップ501等の内部構造物を保護するレジ

17

【0085】一方、LOC構造パッケージ500'は、絶縁フィルム507を介してチップ501'の表面にリードフレーム502'とバスバー506とを配置した構造をもっている。従来構造と異なり、金線505'によってチップ501'とリードフレーム502'とに接続するチップ501'上のボンディングパッドが中央にあるため、チップ501'端でのリードフレーム502'の引き回しをする必要がなく、その分パッケージの外形を小さくできる。また、電子回路を焼き付けてあるチップ表面にバスバー506があるため、ノイズを低減することができる。

【0086】上記の新構造パッケージが開発された理由は、電子機器の多様化、高密度実装のニーズから、パッケージを小形化・薄形化しなければならないからである。このために、パッケージの内部は、低剛性に複雑な構造にならざるを得なくなり、僅かな設計諸元の(パラメータの)値の違いにより、製品不良が発生する可能性が大きくなっている。

【0087】製品不良の例としては、図5に示すように、モールド成形中の樹脂流動によって起こるボイド発生601、リードフレーム変形602及びワイヤ曲り603等の製品不良、基板実装時に起こるパッケージクラック604等の製品不良、電子機器の電源オン、オフによる温度サイクルによって起こる接着剥離605等がある。

【0088】このように、製品不良が発生し易くなっている状況に対応するために、本発明による製品設計仕様評価システムは、過去の試作データから求められる、設計諸元と評価項目と不良現象との関係に基づいて、新製品の設計仕様案の設計諸元を評価し、不良現象が発生することが予測される設計諸元の指示、この設計諸元の修正量の指示を行ない、製品不良を未然に防ぐことができる。

【0089】次に、半導体プラスチックパッケージの開発過程と、この開発過程の中でのパッケージ設計の位置付けを説明する。

【0090】図6は、半導体プラスチックパッケージでの開発過程を示すもので、特に、パッケージ設計の内容について、詳細化したものである。図6に示すように、半導体プラスチックパッケージの開発においては、まず、外形、ピン数、要求グレード、消費電力許容値、電気特性、許容チップサイズ、パッケージ厚及び実装保証(耐リフロー性)等の製品仕様案を決定する(処理301)。ついで、製品仕様に基づいて、パッケージの設計(処理302)、金型の開発(処理303)が行なわれ、試作品が製作されて評価される(処理304)。処理304(試作・評価)においては、リードフレーム変形、ボイド発生、ワイヤ曲がり、パッケージクラック、接着剥離等の不良発生の有無を評価する。評価の結果NG(不良発生有)であれば、処理302へ戻り、再びパッケージの設計について検討し、金型開発303、試作・評価304を行なう。評価の結果OK(不良発生無)であれば、設計され

18

たパッケージを認定し(処理305)、このパッケージの量産(処理306)が行なわれる。

【0091】上記パッケージ設計302について、詳細に説明する。パッケージ設計302においては、組立性、モールド性、リフロー性、耐湿性、耐温度サイクル性、基板実装性、放熱性及び電気特性等のパッケージ内部構造、プロセス仕様に関する総合的な評価検討(処理310)を行なった後、外形設計311、構造設計312、リードフレーム設計313、プロセス設計314及び材料設計315を各個別に行なう。3121、3122、3123、3131、3132、3141、3142、3151、3152は、各設計311~315において、検討すべき内容を示している(たとえば、構造設計312は、成形性3121、熱応力3122、放熱性3123について検討する)。これらの設計311~315を詳細に説明すると以下のようになる。

【0092】(1)外形設計311では、電子機械工業会(EIAJ:Electronic Industries Associations of Japan)、米国電子工業会の電子デバイス合同委員会(JEDC:Joint Electron Device Engineering Council)等の外形規格、顧客要求に基づくピンピッチと取付け高さ、及び上記内部構造の検討結果に基づくパッケージ厚等の設計を行なう。

【0093】(2)構造設計312では、上記内部構造の検討結果に基づいたモールド時の成形性3121、温度サイクル性および基板実装性に関わる熱応力3122、放熱性3123の設計を行なう。

【0094】(3)リードフレーム設計313では、他のパッケージとの組立ラインの互換性を考慮した外形仕様の決定、タブ吊りリード幅、タブサイズ、リードの引き回しを考慮したインナーリードパターン3131の決定、及び上記内部構造の検討結果に基づいたリードフレーム材質3132の決定等の設計を行なう。

【0095】(4)プロセス設計314では、上記構造設計312の検討結果に基づき、ダイシングから選別までの組立プロセス(ボンディングプロセス、成形プロセス)の決定とその問題点の抽出を行なう。

【0096】(5)材料設計315では、顧客要求に基づく信頼性、実装保証および電気特性、消費電力に関する放熱性等を考慮して、レジスタ材3151、リードフレーム材3152等の材質を決定する。

【0097】この開発過程の中のパッケージ設計302においては、図5に示すボイド発生601、リードフレーム変形602、ワイヤ曲り603、パッケージクラック604及び接着剥離605等の製品不良を発生させないように、設計者はパッケージの外形、構造、リードフレーム形状・材質等のパッケージ設計諸元と、プロセス条件とを詳細に決定するために、各種条件の組合せを考慮した設計を行なう。

【0098】ここで、設計部門311から315間での相互関係について述べる。まず、モールド成形時に用いる金型

を図を用いて説明する。

【0099】図7は、通常の半導体プラスチックパッケージのモールド成形用金型、成形機、及び成形過程を図解する説明図である。半導体チップ401を金線402でボンディングした多連形リードフレーム403に対し、樹脂モールドを施したリードフレーム420を切断して各チップに加工し、製品421が製造される。409と405はこの樹脂モールド成形を施すための上下の金型である。下型405には、多連形リードフレーム403に同時にモールド成形を行なうためのキャビティ404が形成されており、これに溶解樹脂を流し込むためのランナ溝406と各キャビティのゲート407が彫られている。上型409においては、樹脂411を納めるポット410と、樹脂を押し込むためのプランジャー413とが嵌合されるようになっている。また、上下の金型には樹脂を溶解するためのヒータ408が埋め込まれている。

【0100】図6に示す構造設計（部門）312では、パッケージに加わる熱ストレスに対して、金属、シリコン、樹脂等の熱膨張率の異なる部材から構成されるパッケージにかかる熱応力等を評価し、構造的に強い部材配置の設計を行なう。

【0101】プロセス設計（部門）314では、キャビティ内に流入する樹脂により金線が押し曲げられないように流入樹脂の粘性、流速を評価したり、キャビティを上下に2分するインサート（チップ、リードフレーム等）による樹脂の流動状態を評価しながら、流路形状、成形条件等の金型仕様設計を行なう。ここで、各設計部門間で扱う設計諸元（パラメータ）間には、例えば、次のような関係がある。

【0102】（1）チップ位置に関しては、パッケージ下面からチップ下面までの距離が大きければ大きいほど、プリント基板実装時のハンダリフローで発生する熱応力の小さい構造となるが、モールド成形時にインサート部で樹脂流動のアンバランスが起り易くなる（流動アンバランス度に影響する）。流動アンバランスは、空気がパッケージの中に残るボイド不良やリードフレーム変形不良の原因になる。

【0103】（2）リードフレーム形状に関して、チップとリードフレームとの電気的接続を効率良く行なうように、リードフレームパターンを設定すると、パターンによってはリードフレーム板厚を薄くしなければならず、モールド成形時の樹脂流動アンバランスによるリードフレーム変形不良の原因になる。また、パターンを制約すると、チップ上のボンディングパッドからリードフレーム側のボンディング位置への距離が長くなり、モールド成形時に樹脂流動により金線が曲げられ易くなる。

【0104】これについて、図8により詳述する。図8は、チップ位置 h をパラメータとして、チップ上の樹脂流動先端位置 l_1 とチップ下の樹脂流動先端位置 l_2 との関係を示すグラフと、チップ位置 h と樹脂流動のアン

ランス度 k （ $l_1 > l_2$ のとき $k = 1 - l_2 / l_1$ 、 $l_1 < l_2$ のとき $k = 1 - l_1 / l_2$ ）の関係を示すグラフである。 h 、 l_1 、 l_2 については、グラフの上部に図示しておく。この図においては、 l_1 、 l_2 をゲート位置を原点として、この原点からの距離として表しているが、原点のとり方は自由でチップ先端を原点としてもよい。

【0105】図8（a）は、流動解析シミュレーションの結果から得られる関係であるが、流動解析シミュレーションの結果から、図8（a）の関係をjつて説明する。流動解析の結果の1つである流動先端位置の時間変化をグラフにしたものが、図33（a）である。図33（a）では、チップ上の流動先端の位置と、チップ下の流動先端の位置との時間変化を示している。図33（a）の結果から、同時刻におけるチップ上とチップ下との流動先端をプロットしなすと、図33（b）のようになる。図33においては、時刻 $t = 0$ 、8である場合の位置を特に示してある。

【0106】図9は、チップ位置 h をパラメータとして、ハンダリフロー時の熱応力と時間との関係を示すグラフ（a）と、チップ位置 h と最大熱応力との関係を示すグラフ（b）である。

【0107】図8（b）に示すように、樹脂流動のアンバランス度 k を示すグラフは、下に凸形の特性を示しており、グラフの下限が最適なチップ位置である。これに対して、図9（b）の熱応力を示すグラフは、単調に減少する特性を示しているために、樹脂流動アンバランス度を最小に押さえるチップ位置 h の値と、熱応力を極力小さくするチップ位置 h の値とが一致しない。

【0108】このように、複数の設計部門間にまたがる設計諸元は、複数の評価項目にまたがっているので、評価項目と設計諸元との関係を全体的に把握して評価を行ない、設計諸元（の値等）を決定する必要がある。

【0109】本発明による製品設計仕様評価システムは、図6に示すパッケージ開発過程で行なわれるパッケージ設計段階302から試作・評価段階304の繰り返しを計算機上で実現できるように、専門分野の異なる設計部門間に関連する設計諸元を、過去の試作データの設計諸元、この設計諸元から算出される評価項目の値、試作データの不良現象とに基づいて、一設計部門からの観点からだけでなく、全体的に把握できるようにするものである。

【0110】図10は、本発明による製品設計仕様評価システムを用いての半導体プラスチックパッケージの開発過程の概念図を示したものである。図示するように、本システムは、製品仕様が決定され（処理301）、設計者によって新パッケージの設計案が入力されると（処理331）、入力された設計案と類似した過去の試作データの蓄積337を利用して、リードフレーム設計、構造設計および材料設計等のパッケージ設計評価および金型開発評価を順次行ない（処理332）、この評価結果に基づ

き、設計案の諸元を変更・決定し、設計解（修正された設計案）を出力（処理336）するものである。この設計解に基づいて試作および試作品の評価を行ない（処理304）、この評価の結果がよければ、設計解を設計案として認定し（処理305）、認定された設計案により製品の量産を行なう（処理306）。この際、以下の問題が発生する。

【0111】（1）パッケージ設計は、設計マージンを十分にとれない限界設計に近づいているために、諸元の決定、変更順序によっては、要求仕様を満たす製品諸元を決定できない。また、設計部門毎に専門分野が異なるために、複数の専門分野間に関連する諸元と製品不良との関係を十分に把握できず、専門分野に股がる諸元は、設計者の勘と経験によって、評価内容、評価順序を決めて、設計を行なっている。リードフレーム設計、構造設計及び材料設計等の個別設計の最適解の組合せが必ずしもパッケージ全体設計の最適解ではなくなりつつある。

【0112】（2）各設計に必要な評価シミュレーションを行なう場合に、評価シミュレーション結果から製品不良が発生するかどうかを判断する基準が明確化されていず、設計者の個人的な判断に任されている。

【0113】（3）製品不良が発生すると判断されたとき、変更すべき諸元およびその変更量の決定方法が確立されていない。

【0114】本発明による製品設計仕様評価システムは、上記パッケージ設計の問題を解決することを目指して、専門分野の異なる設計部門間に関連する設計諸元パラメータを全体的に把握できるようにし、かつ設計部門間で必要とする評価内容を設計諸元パラメータとの関係で容易に考慮できるようにするために、試作・評価段階304で必ず得られる既開発製品の試作データ337を有効に利用することで解決できるようにしたものである。これにより、図6に示したパッケージ設計段階から試作・評価段階への繰り返しをなくすることができるので、設計期間を大幅に短縮し、設計部門間の関わる設計諸元の設計・評価を効率良く行なうことができ、設計品質を大幅に向上させることができるものになっている（もちろん、本発明は、金型開発についても同様の効果を呈することができる）。

【0115】このような半導体プラスチックパッケージの設計に応用した場合を例に採って、本発明の製品設計仕様評価システムを説明する。このシステムの処理手順の概要は図28に示すようであり、処理手順の詳細は図11～図14に示すようである。また、本システムの処理概要を示す説明図を図27に示す。図1に示すハードウェア構成と図2に示すソフトウェア構成、図27に示す説明図を参照しながらその処理手順を説明する。

【0116】図11～図14に示すように、先ず操作者によりキーボード15からは、パッケージ形状、構造、リードフレーム形状、成形条件、材料特性、チップ位置等

の設計仕様案と同設計仕様案の変更可能範囲、設計諸元間の大小関係等の設計制約のデータが入力される。これらのデータは、外部入力データとして制御部21の実行制御に基づき、データ入力部22により製品設計仕様評価システム内に取り込まれる（処理102）。この処理が、図28の処理2801に該当する。

【0117】次に、図28の処理2802において、不良因果関係の生成を行なう。この処理を、図11を用いて詳細に説明する。評価手順生成部41の中の不良因果関係生成部26では、制御部21の実行制御に基づいて、データ入力部22からの設計仕様と設計制約から、パッケージ形状、構造、材料、製造条件等の試作仕様に関連する制約、及び特徴量を抽出、計算する（処理104）。そして、データ管理部40の設計知識管理部25で管理され、ディスク装置18に予め格納されている全ての評価項目をディスク制御装置17、マルチバス11、中央処理装置13を介し主記憶装置14に取り出して、これらの評価項目ごとに、データ管理部40の中の試作データ管理部24で管理されてディスク装置18に予め格納されている試作データで、抽出した制約条件下で計算された特徴量と類似した試作仕様をもつ試作データを評価項目の計算値と共に、ディスク制御装置17、マルチバス11、中央処理装置13を介し主記憶装置14にロードし（処理106）、当該試作データの不良の種類、発生率、発生部位と評価項目との関係を求め（処理108）、不良現象と評価項目との全ての二要素間関係を生成する（処理110、111）。これら二要素間関係を形成する評価項目に関して、評価項目毎に、当該新製品の設計仕様の中で当該評価項目に影響し、かつ抽出した制約条件下で変更可能な諸元（設計諸元）から評価項目と設計諸元との二要素間関係を生成し（処理112）、当該不良現象、評価項目の二要素間関係と当該評価項目、設計諸元の二要素間関係とから不良現象、評価項目、設計諸元の三要素間の関係を表わす不良因果関係を生成する（処理114）。

【0118】次に、図28の処理2803に示すように評価基準を生成する。この処理を図12を用いて詳細に説明する。不良因果関係生成部26によって不良因果関係が生成された後、評価基準生成部27では、制御部21の実行制御に基づいて、不良因果関係生成部26により生成された新パッケージの設計仕様に対する不良因果関係を構成している不良現象、評価項目の二要素間の全ての関係に対して、同関係毎に、データ管理部40の中の試作データ管理部24で管理され、ディスク装置18に予め格納されている試作データで、抽出制約条件下で計算特徴量と類似した試作仕様をもつ試作データ中のパッケージ形状、構造、材料、製造条件、不良の種類、不良発生部位データを、評価項目の計算値と共にディスク制御装置17、マルチバス11、中央処理装置13を介し主記憶装置14に取り出し、不良発生率と評価項目の計算値との関係をプロットし不良率予測グラフを生成する（処理116、118）。そし

て、不良発生率が“0”である評価項目の範囲とそうでない範囲とに評価項目の計算値を分割し、不良発生率が“0”である範囲を当該評価項目に対する許容範囲、すなわち評価基準（設計仕様の良否判断基準）を生成する（処理120、122）。

【0119】次に、図28の処理2804において評価順序の生成を行なう。この処理を、図12を用いて詳細に説明する。評価手順生成部41の中の評価順序生成部28では、制御部21の実行制御に基づいて、データ入力部22からの新パッケージの設計仕様と設計仕様の制約から、試作仕様に関連する制約、及び特徴量を抽出、計算して、当該評価項目ごとに、データ管理部40の中の試作データ管理部24で管理され、ディスク装置18に予め格納されている試作データで、抽出制約条件下で計算特徴量と類似した試作仕様をもつ試作データをディスク制御装置17、マルチバス11、中央処理装置13を介し主記憶装置14に取り出して、当該試作データの不良の種類毎の不良率を算出し、同不良率を、不良因果関係生成部26により生成された不良因果関係を構成している不良現象ごとの不良率として設定する（処理124、126、128）。さらに、不良因果関係を構成している不良現象と評価項目との二要素間関係毎に、データ入力部22からの入力設計仕様から得られる特徴量に当該評価項目に関連する量を含め、再び当該制約条件下で当該特徴量と類似した試作仕様をもつ試作データをディスク装置18からディスク制御装置17、マルチバス11、中央処理装置13を介し主記憶装置14に取り出し、評価項目に関連する不良の種類毎の不良率を算出し、算出された評価項目に関連する不良毎の不良率を、不良因果関係を構成している不良現象と評価項目との二要素間関係の不良発生率（該当評価項目が原因で該当不良現象が発生する割合）として設定する（処理130）。それから、当該不良因果関係上の不良現象に設定された不良発生率が最大の不良現象を取り出し、当該不良現象に関係する評価項目を取り出し、当該評価項目を第一の評価対象とし、取り出した評価項目が複数ある場合には、不良現象と評価項目との二要素間関係の不良発生率が大きい評価項目、他の不良現象に関連がない、あるいは関係の小さい（二要素間の不良率が小さい）評価項目の順に評価対象とするように評価手順を生成する（処理132）。

【0120】次に、図28の処理2805のように、シミュレーションの実行を行なう。この処理を図13を用いて詳細に説明する。設計案評価部42において、設計案評価実行部29では、制御部21の実行制御に基づいて、評価手順生成部41の評価順序生成部28により生成された評価項目の評価順序に従って、当該評価項目の値を得るために、シミュレーション実行部31を介してシミュレーションを行なうようになっている。シミュレーション実行部31は、設計案の評価に必要とされるシミュレーションプログラムが判断され、必要とされるシミュレーションプ

ログラムはディスク装置18に予め格納されているシミュレーションプログラム群から選択されたうえ、実行可能状態に置くべくディスク装置18からディスク制御装置17、マルチバス11、中央処理装置13を介し主記憶装置14へロードされ、実行される（処理134）。これによりシミュレーション実行部31では、ロードされたシミュレーションプログラムを実行するために、データ入力部22からのパッケージ形状、構造、リードフレーム形状、成形条件、材料特性、チップ位置等の設計仕様のデータをシミュレーションプログラムに入力し得る形式に変換したうえ、シミュレーションプログラムを実行させる（処理136）。

【0121】ここで、ディスク装置18に予め格納されたシミュレーションプログラムのモデル例について、図29、図15と図16とを用いて説明する。図2のシミュレーション実行部31に、図29に示すシミュレーションプログラムが、格納されている。図29の各プログラムは、図15の各解析項目をシミュレーションにより解析するためのプログラムである。図15と図16は、成形性の評価に関わるシミュレーションの解析項目、その解析モデルのイメージ図、同解析モデルによるシミュレーションから得られる評価項目、及び同評価項目によって評価決定する主な設計諸元を示した説明図である。その内容は以下の通りである。

【0122】（1）チップ位置考慮バランス解析モデル
このモデルは、モールド成形時にインサート部（チップ、タブ等）で樹脂流動が上下に分かれて流れるときの流動先端位置、流速、粘度、圧力の時間変化をシミュレーションするモデルであり、適正なチップ位置、チップ厚さ等の流路形状に関係する設計諸元を評価を行なうことができる。

【0123】（2）流動制御板考慮のバランス解析モデル

このモデルは、流動制御板の効果を評価できるように、上記(1)のバランス解析モデルを拡張したものである。流動制御板は、チップ上下の樹脂流動アンバランスをなくすために、ゲート近傍に流動抵抗となる構造物を設置し、チップ上下の樹脂流動を制御するものであり、リードフレームの一部として製品に作り込むものである。

【0124】（3）積層構造考慮のバランス解析モデル
このモデルは、一つのパッケージの中に複数チップを搭載する積層構造を評価できるように、上記(1)のバランス解析モデルを拡張したものである。

【0125】（4）サイド流考慮のバランス解析モデル
このモデルは、チップの上下だけでなく側面の流路の樹脂流動も考慮できるように、上記(1)のバランス解析モデルを拡張したものである。

【0126】（5）チップ応力解析モデル

このモデルは、上記(1)のバランス解析モデルで得られる圧力分布から、応力分布、モーメント、荷重の時間変

化をシミュレーションするモデルであり、リードフレーム吊り位置、板厚等の設計諸元を評価することができるモデルである。

【0127】(6) チップ位置変位解析モデル

このモデルは、上記(5)のバランス解析モデルを拡張したものであり、チップの変位量の時間変化を反映できるようにしたモデルである。このために、リードフレームの設計諸元だけでなく、チップの変位に伴うチップ露出、金線露出、貫通ボイド、リードフレーム変形を評価することができる。

【0128】上記のシミュレーションプログラムを用いて評価項目の値を求める手順を、図30を用いて説明する。まず、求めたい評価項目に関連するシミュレーションプログラムを選択する(処理3002)。次に、シミュレーション用の入力データを生成し(処理3004)、選択されたシミュレーションプログラムを実行する(処理3006)。実行されたシミュレーションプログラムの結果を統合し、評価項目値を生成する(処理3008)。

【0129】たとえば、評価項目として流動バランス度をとった場合には、シミュレーションプログラムは流動解析プログラムが選択される(処理3002)。処理3004、処理3006を経て、シミュレーション結果として得られる流動状態(濃度、粘度、流速等の分布の時間変化)から、流動バランス(チップ上下流動バランス)を計算する(処理3008)。流動バランスは、図32の点線で示すような場合が最適な状態であり、どの程度ずれるかが評価のポイントとなる。

【0130】図17に示すリードフレーム変形(リードフレーム吊り位置、板厚等)解析を行なうためには、図16に示すNo. 5, 6に示すモデルのシミュレーションプログラム(チップ応力解析プログラムおよびチップ変位解析プログラム)を使用することになる。

【0131】まず、このモデルの内容を図を用いて説明する。モールド成形時に発生するチップ上下の樹脂流動状態をシミュレーションし、その結果得られるチップ表面の圧力 P_1 , P_2 , P_3 , ...とその圧力を受けている面の面積 ΔS_1 , ΔS_2 , ΔS_3 , ...から応力 $P_1 \cdot \Delta S_1$, $P_2 \cdot \Delta S_2$, $P_3 \cdot \Delta S_3$, ...を求め、その応力からモーメントを計算しチップ変位を求めるものである。チップ変位により、チップを支えているリードフレームを変形させるものである。

【0132】また、評価項目として、リードフレーム変形量をとる場合には、評価項目の値をシミュレーションにより求める処理のフローチャートは図31に示すようになる。まず、使用するシミュレーションプログラムを選択する。この場合には、流動解析プログラムと変形解析プログラムとが選択される(処理3102)。次にシミュレーション用の入力データを生成する。まず、流動解析用の入力データを生成する(処理3104)。そして、流動解析シミュレーションを実行する(処理3106)。

【0133】実行された流動解析シミュレーションの出力結果から、次の変形解析シミュレーションで使用する入力データを生成する。すなわち、流動解析結果の圧力分布から、荷重(力)分布を求める(処理3110)。そして、上記荷重による変形解析シミュレーションを実行する(処理3111)。このシミュレーション結果から、変形量の時間変化を求める(処理3108)。

【0134】以上のように、ディスク装置18に予め格納されているプログラムにより、成形性に係わる評価を行うことができるようになっている。

【0135】本発明による製品設計仕様評価システムの処理手順の説明に戻ると、図2の設計案評価実行部29では、評価基準生成部27により生成された評価基準とシミュレーション実行部31により得られた評価項目の値とを比較することで、当該評価項目の値が評価基準内の値であるか否かを判定し、データ入力部22からの新パッケージの設計仕様を変更する必要があるか否かを判断する(図27の場合には、チップ変位量 n が基準を超えているので、設計仕様の変更要と判断する。)(図13の処理138)。これは、図28の処理2806に該当する。

【0136】ここでの処理で、設計仕様案の変更が必要ないと判断された場合には、処理132へ戻り、評価手順生成部28により次の評価対象を選択する。変更が必要であると判断された場合には、対策案生成部30により対策案が生成される(図13の処理142)。これは、図28の処理2807に該当する。

【0137】そして、当該評価基準と評価項目値で差として計算される評価項目の余裕度を求め、当該不良因果関係グラフに表現されている設計諸元であって当該評価項目と関係する複数の設計諸元の各々に関して、設計諸元の変動に対する当該評価項目の値の変動比である感度を求める(図13の処理140)。これは、図28の処理2808に該当する。

【0138】次に、図28の処理2809において、対策案を生成する。この処理を、図13、図14を用いて詳細に説明する。対策案生成部30では、制御部21の実行制御に基づいて、設計案評価部42の設計案評価実行部29で得られる評価項目に対する各設計諸元の感度(図27の対策案生成部30の中に示した感度の説明用のイメージ図を参照)、余裕度と、不良因果関係で示される当該設計諸元と他の評価項目との関係とから、既に評価・対策済の評価項目への影響がない設計諸元、あるいは影響がある場合には当該評価項目の余裕度の大きい設計諸元で、感度の大きい設計諸元(図27の場合には、リードフレーム吊り位置 P_1)を選択し、選択した各設計諸元の感度と修正量との積和が評価項目値の基準はみ出し量になるように、各設計諸元の修正量を決定することで、修正すべき設計諸元の候補と評価項目値を評価基準内に収める設計諸元の候補の修正量を求める(処理144, 146, 148)。そして、生成された複数の対策案が、制御部21の

実行制御に基づいて、データ出力部23によって、ディスプレイ装置16の画面上に表示され、操作者に選択を要請する(処理150)。

【0139】要請に応じて、操作者は複数の対策案の中から1つを選択して、キーボード15により指示する。次に、制御部21の指示に基づき、評価手順生成部41の不良因果関係生成部26によって、不良因果関係上にある全ての評価項目についての評価・対策が終了したかどうかを判断する(処理152)。終了していなければ、シミュレーションすることで新しく得られた情報によって、不良因果関係の不良率を改善し、処理132へ戻る(処理154)。

【0140】全ての評価項目に関する評価・対策が終了した時点で、新パッケージの設計仕様案を最適に決定したことになる。決定された設計仕様案を、設計解として出力する(処理156)。これは図28の処理2811に該当する。

【0141】このように、内部構造設計に関わる成形性、リードフレーム設計に関わるリードフレーム強度、製造プロセス設計に関わる成形条件のように、相互に関連する評価内容を設計諸元と共に把握でき設計諸元の重要性に応じて評価項目と評価順序を決定し、最適設計諸元を決定できる。

【0142】以上、本発明を、図6に示すような半導体プラスチックパッケージの開発において、パッケージ設計302のなかの構造設計312の中の成形性3121、リードフレーム設計313の中のリードフレーム強度3121、プロセス設計314の中の成形プロセス3142に関する部分に直接関連のある例を取り上げて具体的に説明した。

【0143】以上の例からも分かるように、半導体プラスチックパッケージの設計を行なう際に、過去の試作データによって予測できる不良発生状況に合わせた不良因果関係を生成でき、不良因果関係から新パッケージの設計解を求めるのに必要な評価内容とその関連諸元を全体的に把握でき、設計諸元の重要性に応じた評価項目と評価順序とを系統的に決定できるものである。また、新パッケージの形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様を総合的に効率良く評価し、かつ必要があれば適切な設計仕様に効率良く容易に修正できるものである。

【0144】なお、図24、図25、図26に、本発明の他の実施例を示す。この実施例のシステムは、図28のフローチャートとほぼ同様の処理を行なうが、3つのモードを有してこの各モードの処理を統合すると図28の処理を行なうことになる点と、対策案を生成してから不良因果関係生成へフィードバックする点が図28と異なっている。前記3つのモードとは、

(1) 設計案評価・対策モード(設計を実施する通常処理)

(2) 評価基準生成モード(評価基準を生成するときの処理)

(3) 試作データ管理・操作モード(本システムを稼働できるようにするための準備処理)

であり、それぞれ図24、図25、図26に対応する。

【0145】また、図24、図25、図26においては、処理の手順と合わせて、データの流れを示している。

【0146】さらに、本発明の製品設計仕様評価システムにおいて、該評価基準生成手段に不良発生率が“0”である評価項目の範囲、“0”より大きく“1”未満である評価項目の範囲、“1”以上である評価項目の範囲に評価基準を複数のランクに分け、さらに必要があれば不良発生率が“0”から“1”である範囲を細分化して、評価基準を複数のランクに分ける機能を付加した評価基準生成手段を具備することで、入力された新製品の設計仕様と設計仕様の制約とに基づき、既開発製品の試作データに暗に含まれる不良の発生原因と発生率から得られる定量的な評価基準により、不良の原因を系統的に回避し、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様を容易に効率良く評価し、適切に決定することで設計解を得るようにすることもできる。

【0147】さらに、接続された装置間の信号伝送路となるバスと、このバスを制御するバス制御装置、前記バスに接続された中央処理装置と、ディスク制御装置と、前記中央処理装置に接続された主記憶装置、ディスプレイ装置、キーボードと、前記ディスク制御装置に接続されたディスクから構成されるワークステーションにおいて、入力手段、試作データ管理手段、不良因果関係生成手段、評価順序生成手段及び評価実行手段を同主記憶装置上に記憶し、該試作データ管理手段によって管理される試作データを前記ディスク上に格納して、前記中央処理装置が前記主記憶装置上の各手段を実行するようにすることもできる。

【0148】さらに、バスに接続され、バスから送られてくるデータを他装置に送信し、他装置からのデータを受信する通信制御装置を付加し、ワークステーションとモデムを介してデータ通信を行うバス、バスを制御するバス制御装置と、前記バスに接続した中央処理装置、ディスク制御装置、通信制御装置と、中央処理装置に接続した主記憶装置と、前記ディスク装置に接続したディスクから成る計算機と接続したワークステーション・計算機装置において、請求項1記載の入力手段、試作データ管理手段、不良因果関係生成手段、評価順序生成手段及び評価実行手段を前記ワークステーション側の主記憶装置上に記憶し、請求項1記載の不良因果関係生成手段、評価順序生成手段及び評価実行手段をを計算機側の主記憶装置に記憶し、該試作データ管理手段によって保持、管理される試作データを計算機側のディスク上に格納することで、当該各手段を実行するときに、処理負荷に応じて計算機側の中央処理装置を利用し応答性を高めることができ、大規模な試作データに対しても対応するよ

うにすることもできる。

【0149】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による製品設計仕様評価システムによって、以下に示す効果がある。

【0150】(1) 設計案と過去の試作データによって予測できる不良発生状況に合わせた不良因果関係を生成でき、不良因果関係から設計解を求めるのに必要な評価内容とその関連設計諸元を全体的に把握でき、設計諸元の重要性に応じた評価項目と評価順序とを系統的に決定

【0151】(2) 設計解を求めるのに必要な評価内容とその関連設計諸元を全体的に把握できるように、入力した設計案と過去の試作データによって予測できる不良発生状況に合わせた不良因果関係を生成できる。

【0152】(3) 設計解を求めるために設計諸元の重要性に応じた評価項目と評価順序とを系統的に決定できるように、入力した設計案と過去の試作データによって予測できる不良発生状況に合わせた不良因果関係を生成できる。

【0153】(4) 生成した不良因果関係とそれに付随する情報と共に、設計案の評価結果、設計諸元の修正過程及び修正結果を逐次残せるため、予測される不良回避のための修正諸元と修正量に関する意図を蓄積でき、再利用することができるので、仕様変更に伴う他諸元の評価結果への影響を容易に把握できるので、次回以降の設計・評価・決定の高効率化を容易に達成できる。

【0154】(5) 新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様と設計仕様の制約とに基づき、既開発製品の試作データに暗に含まれる不良発生の原因を不良現象、評価項目、設計諸元との因果関係により抽出し得、不良の原因を系統的に回避し、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様を総合的に効率良く評価し得、必要があれば適切な設計仕様に効率良く容易に修正し得るものとなっている。

【0155】(6) 登録された既開発製品の試作データから、入力された新製品の設計仕様案の良否を効率良く判断し、必要であれば設計仕様の適切な修正案を生成するための評価基準を評価項目の解析値の許容範囲として定量的に決定できる。

【0156】(7) 既開発製品の試作データの不良の種類、発生率、発生部位等の状況に応じて、新製品の設計仕様案を効率良く評価、修正する順序を決定することができる。(8) 新製品の設計案を効率良く評価するのに必要な試作データを用いて、新製品に関する不良現象、評価項目、設計諸元間の不良因果関係を容易に生成することができる。

【0157】(9) 変更候補、変更量を求めるのに必要な感度を効率良く求めることができる。(10) 設計諸元の中で、変更候補、変更量を効率良く決定できる。

【0158】(11) 大規模な試作データでも対応し得、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様と設計仕様の制約とに基づき、既開発製品の試作データに暗に含まれる不良発生の原因を不良現象、評価項目、設計諸元との因果関係により抽出でき、不良の原因を系統的に回避し、新製品の形状、構造、材質、製造条件等の設計仕様を総合的に効率良く評価でき、必要があれば適切な設計仕様に効率良く容易に修正できる。

【0159】以上のことにより、設計仕様案に対する評価項目の選択、選択された評価項目の評価順序、各評価項目に対する評価の基準の決定を、客観的に行なうことができる製品設計仕様評価システムを提供することができる。

【0160】また、決定された評価基準に基づいて評価項目を評価し不良発生の可能性を把握した後、具体的に変更すべき設計諸元の決定、あるいはこの設計諸元の変更量の決定を客観的に行なうことができる製品設計仕様評価システムを提供することである。

【0161】さらに、上記製品設計仕様評価システムを稼動することができるワークステーション装置、及びホスト計算機を備え、このホスト計算機側で高速で高精度な数値計算およびデータハンドリングを行ない、ワークステーション装置側でユーザとの対話処理を行ないつつ、上記製品設計仕様評価システムを稼動することができるワークステーションシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる製品設計仕様評価システムのハードウェア構成図。

【図2】本発明にかかる製品設計仕様評価システムのソフトウェア構成図。

【図3】不良発生への状態推移と不良因果関係との関連を示す説明図。

【図4】半導体プラスチックパッケージの構造を示す説明図。

【図5】半導体プラスチックパッケージの品質上の問題の説明図。

【図6】半導体プラスチックパッケージの開発過程の説明図。

【図7】モールド成形金型、成形機及び成形過程の説明図。

【図8】チップ位置と流動バランスとの関係の説明図。

【図9】チップ位置と応力との関係の説明図。

【図10】本発明による製品設計仕様評価システムを用いての半導体プラスチックパッケージの開発過程の概念図。

【図11】本発明の実施例の処理手順を示す詳細フローチャート。

【図12】本発明の実施例の処理手順を示す詳細フローチャート。

【図13】本発明の実施例の処理手順を示す詳細フローチャート。

【図14】本発明の実施例の処理手順を示す詳細フローチャート。

【図15】流動解析および変形解析用のシミュレーションモデルの説明図。

【図16】流動解析および変形解析用のシミュレーションモデルの説明図。

【図17】リードフレーム変形解析の原理説明図。

【図18】不良因果関係の説明図。

【図19】不良現象と評価項目との二要素間関係の説明図。

【図20】評価項目と設計諸元との二要素間関係の説明図。

【図21】不良率予測グラフの例を示す説明図。

【図22】評価基準生成の処理概要の説明図。

【図23】評価基準生成における基準モードの説明図。

【図24】本発明の他の実施例の説明図（設計案評価・対策モード）。

【図25】本発明の他の実施例の説明図（評価基準生成モード）。

【図26】本発明の他の実施例の説明図（試作データ管理・操作モード）。

【図27】製品設計仕様評価システムの処理概要の説明図。

【図28】本発明の実施例の処理手順を示す概略フローチャート。

【図29】シミュレーションプログラムの機能ブロック図。

【図30】評価項目値をシミュレーションプログラムにより求める処理の一例を示すフローチャート。

【図31】評価項目値をシミュレーションプログラムにより求める処理の他の例を示すフローチャート。

【図32】流動バランス（チップ上下流動バランス）の最適状態の説明図。

【図33】流動解析シミュレーション結果から、チップ上下流動バランス度の評価項目値を得る場合の説明図。

【図34】感度の説明図。

【図35】感度および修正量の説明図。

【図36】感度の表現法の説明図。

【図37】ソフトウェアによる感度計算方法の説明図。

【図38】感度計算を行なう場合の条件の説明図。

【図39】修正量の決定の説明図。

【図40】設計諸元の修正方法の説明図。

【図41】設計諸元の修正方法の説明図。

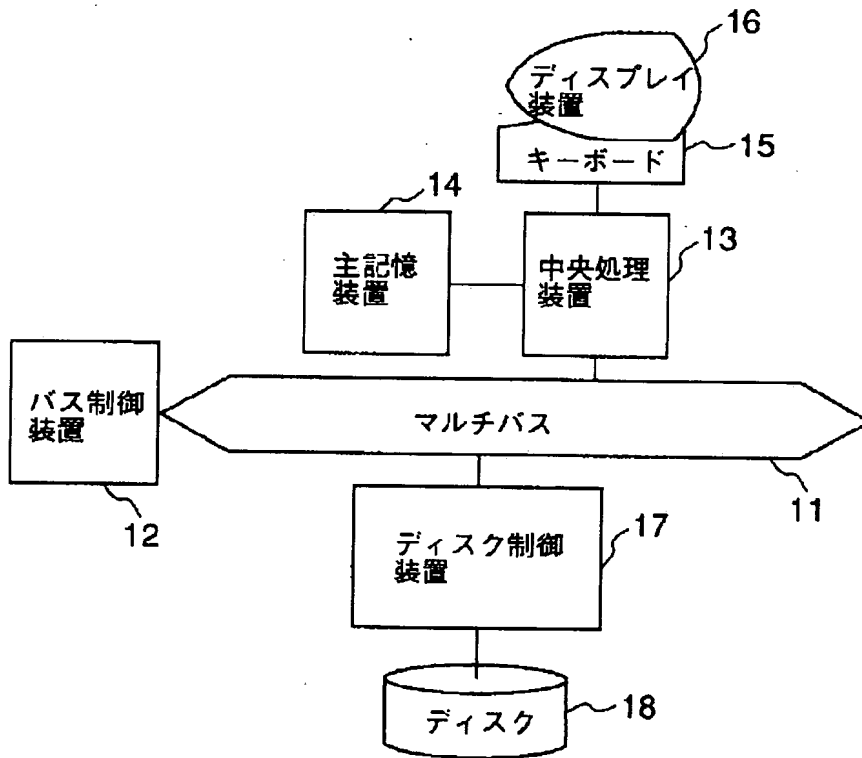
【符号の説明】

11…マルチバス、12…バス制御装置、13…中央処理装置、14…主記憶装置、15…キーボード、16…ディスプレイ装置、17…ディスク制御装置、21…制御部、22…データ入力部、23…データ出力部、24…試作データ管理部、25…設計知識管理部、26…不良因果関係生成部、27…評価基準生成部、28…評価順序生成部、29…設計案評価実行部、30…対策案生成部、31…シミュレーション実行部、40…データ管理部、41…評価手順生成部、42…設計案評価部、331…パッケージ設計案、336…パッケージ設計解、500…従来構造パッケージ、501…チップ、502…リードフレーム、503…レジン、504…タブ、505…金線、506…バスバー、507…絶縁フィルム、508…LOC構造パッケージ、601…ボイド、602…フレーム変形、603…ワイヤ曲り、604…パッケージクラック、605…接着剥離、301…製品仕様決定、302…パッケージ設計、303…金型開発、304…試作・評価、305…認定、306…量産、311…外形設計、312…内部構造設計、313…リードフレーム設計、314…製造プロセス設計、315…材料設計、3121…成形性、3122…熱応力、3123…放熱、3131…リードフレームパターン、3132…リードフレーム強度、3141…ボンディングプロセス、3142…成形プロセス、3151…レジン材、3152…リードフレーム材、401…チップ、402…金線、403…リードフレーム、404…キャピティ、405…下型、406…ランナ、407…ゲート、408…ヒータ、409…上型、410…ポット、411…樹脂、413…プランジャー、421…製品、331…設計案、332…仕様評価、333…リードフレーム設計、334…構造設計、335…材料設計、336…設計解、337…試作データ、338…設計者、901…ボイド、902…金線露出、903…金線変形、911…リードフレーム変形量、912…流動バランス度、913…粘度、914…流速、920…チップ位置、921…チップ厚、922…リードフレーム板厚、923…リードフレーム吊り位置、924…絶縁フィルム大きさ、925…絶縁フィルム厚さ、926…金線長さ、927…金線太さ、928…金線位置、929…ゲート形状。

【図1】

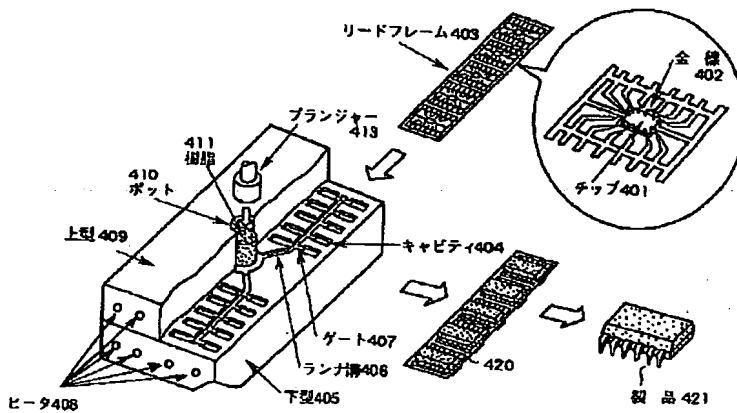
図 1

本発明の一実施例のハードウェア構成図



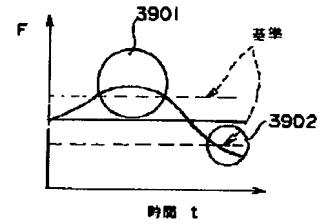
【図7】

モールド成形機と成形過程(図7)



【図39】

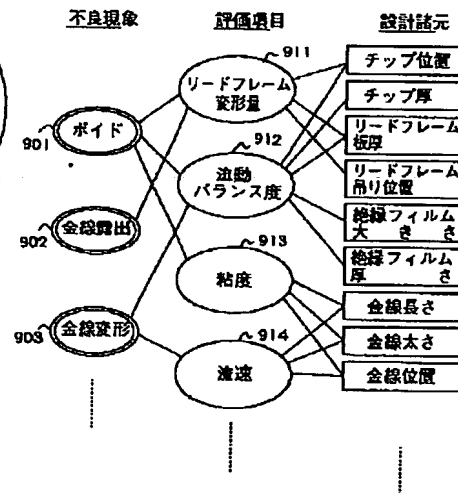
設計諸元の修正量の決定の説明図(図39)



【図18】

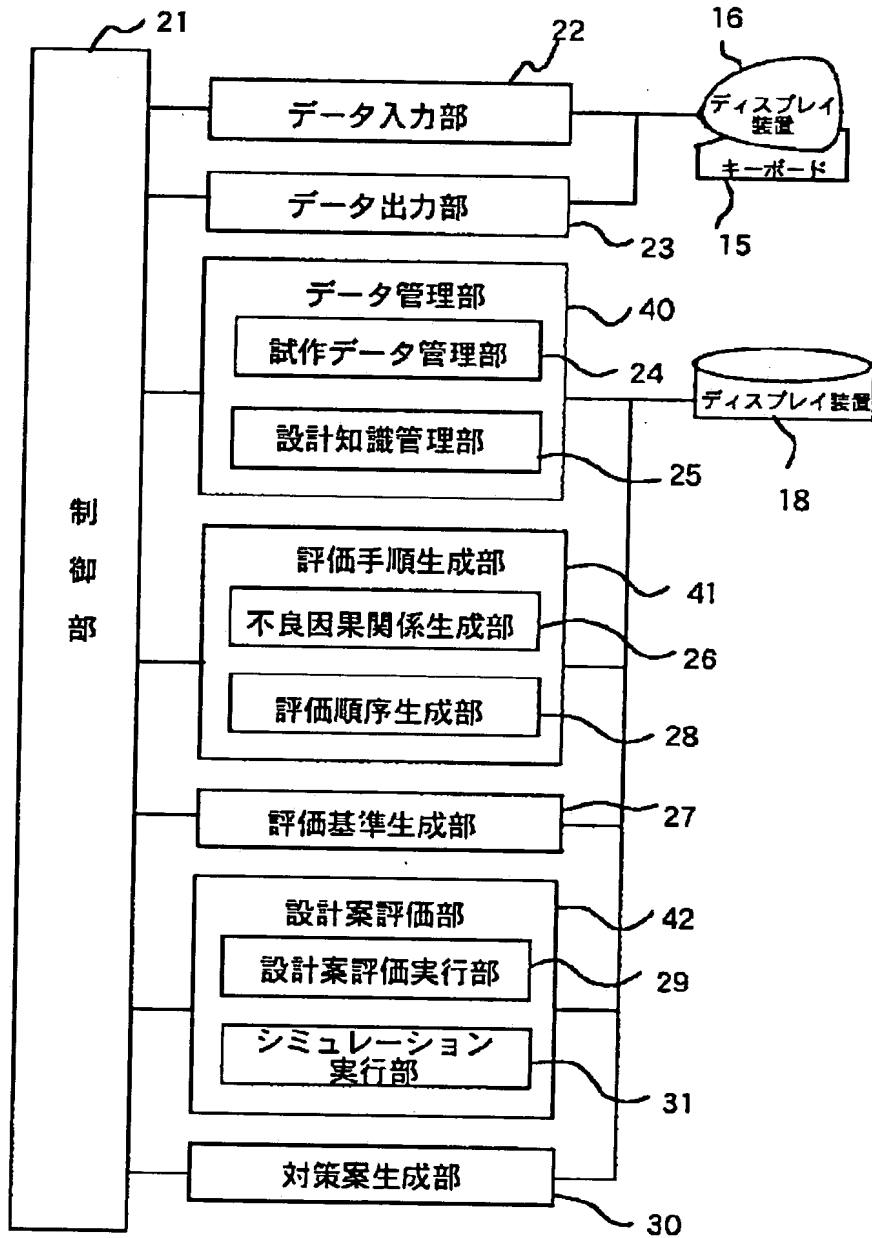
図18

本発明の中で用いる不良因果関係グラフの説明図



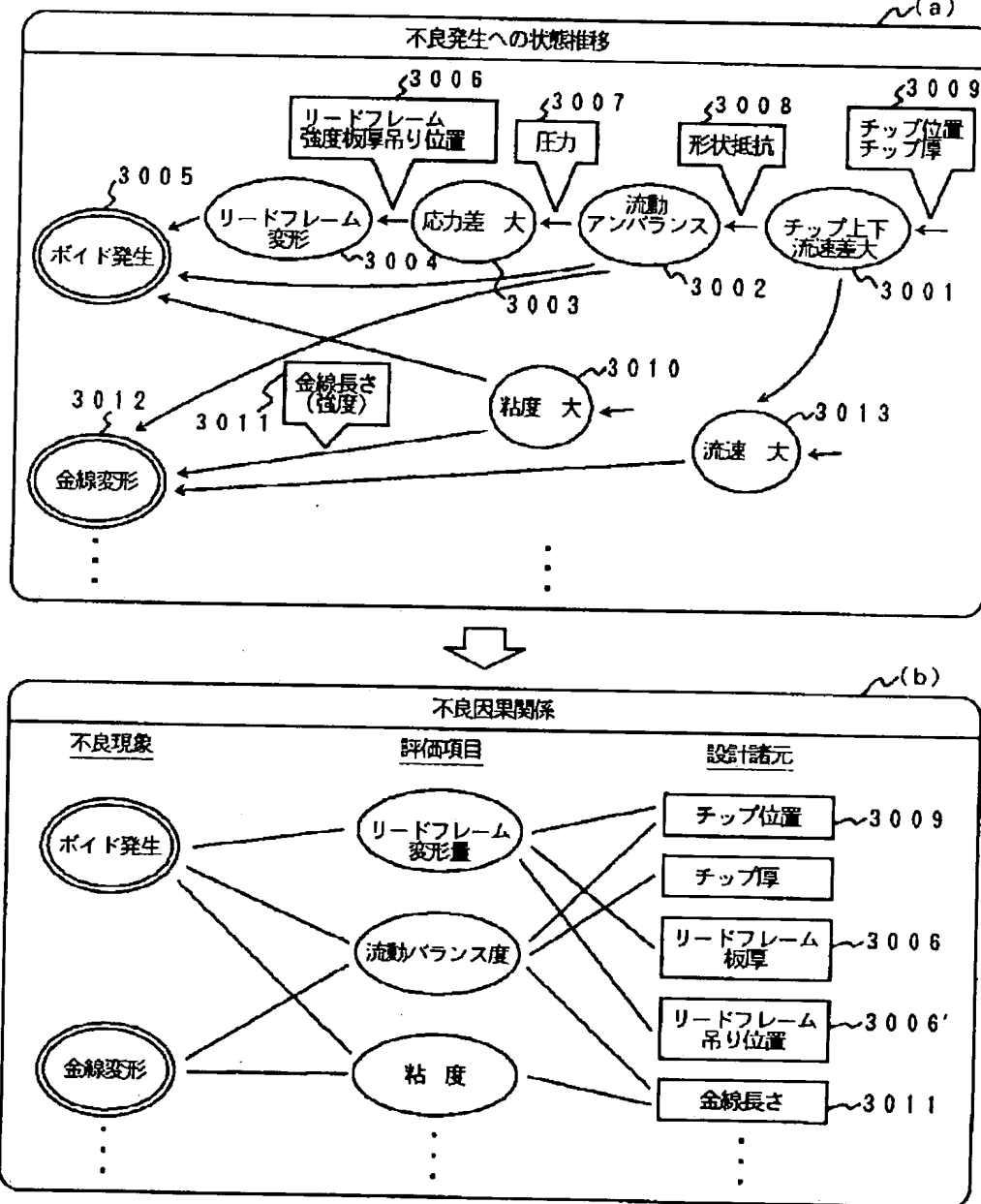
【図2】

本発明の実施例のソフトウェア構成図（図2）



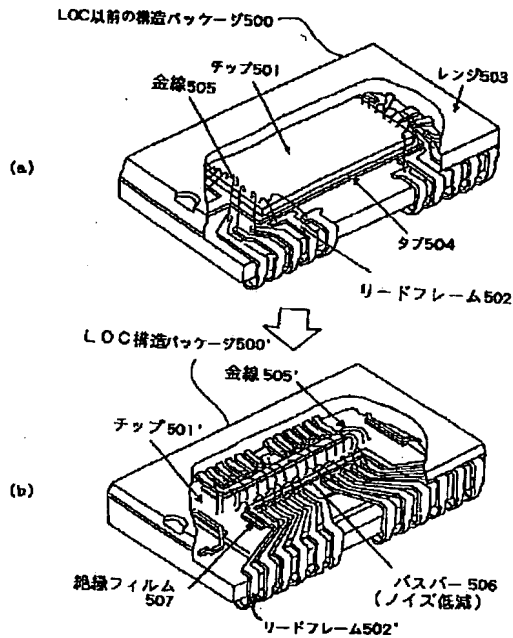
【図3】

不良発生への状態推移と不良因果関係との関連を示す説明図 (図3)



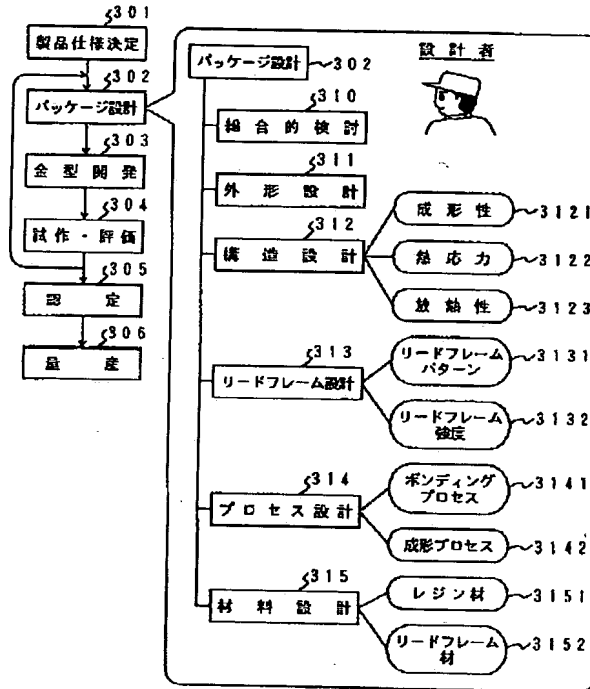
【図4】

半導体プラスチックパッケージの構造を示す説明図 (図4)



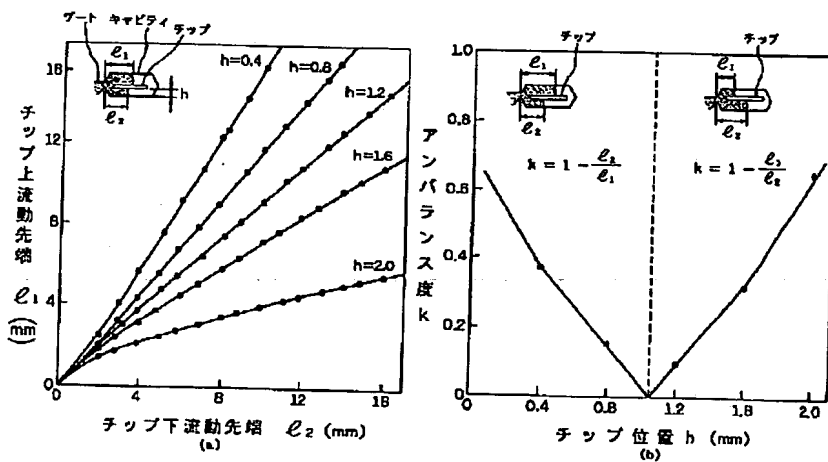
【図6】

半導体プラスチックパッケージの開発過程 (図6)



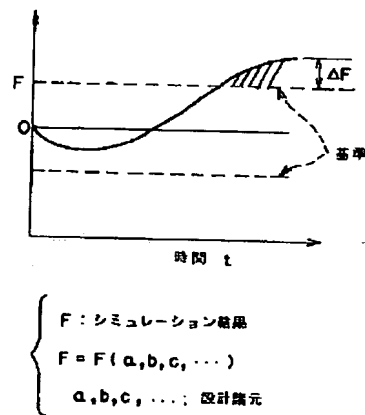
【図8】

チップ位置と流動バランスとの関係 (図8)

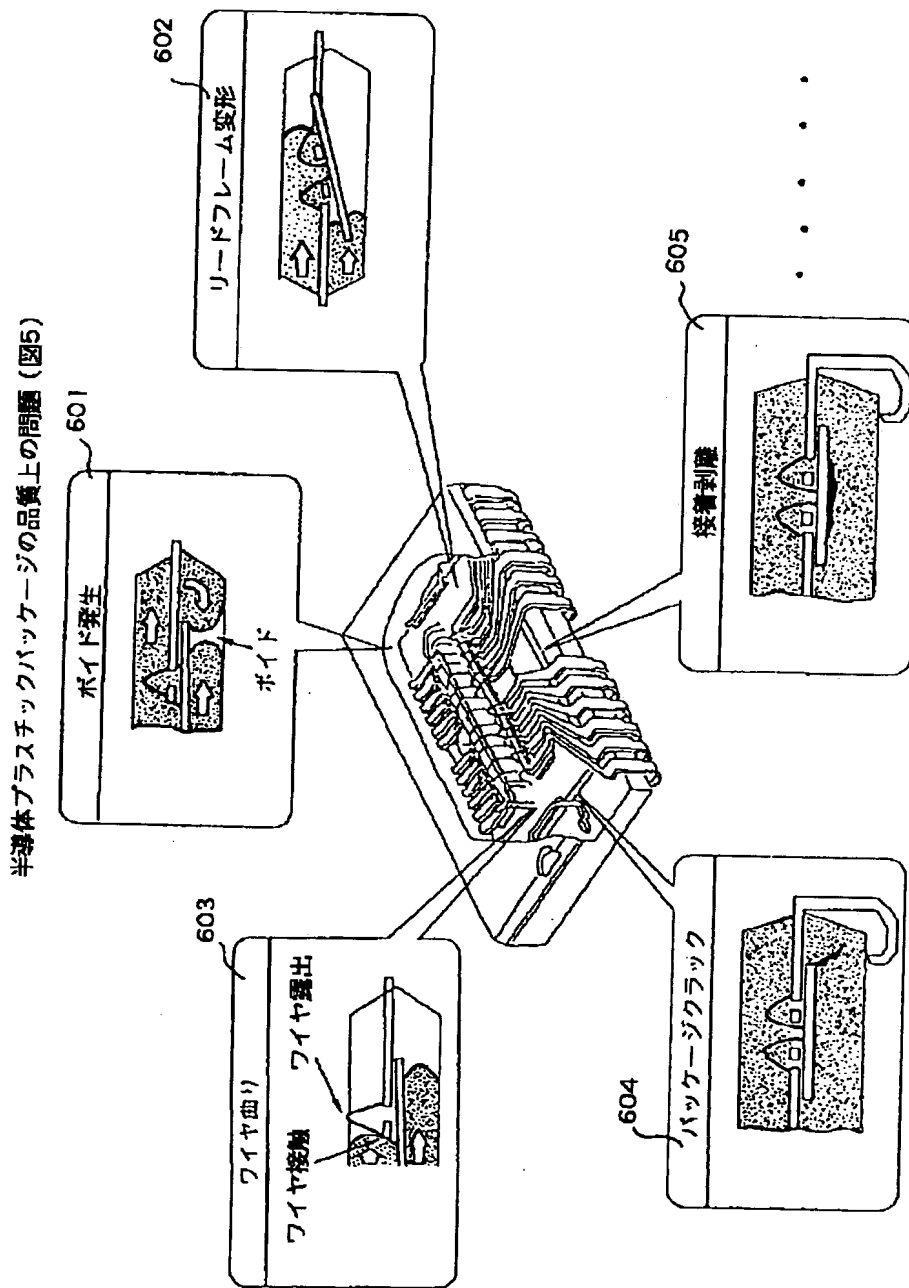


【図40】

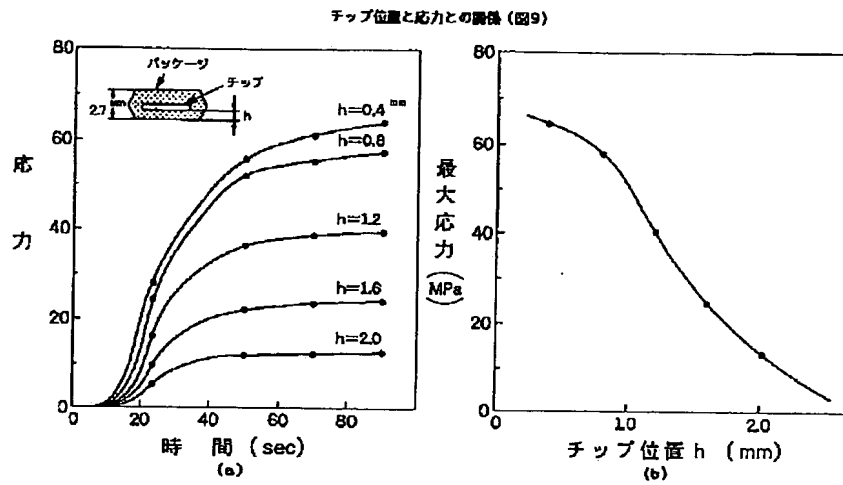
設計要素の修正方法の説明図 (図40)



【図5】



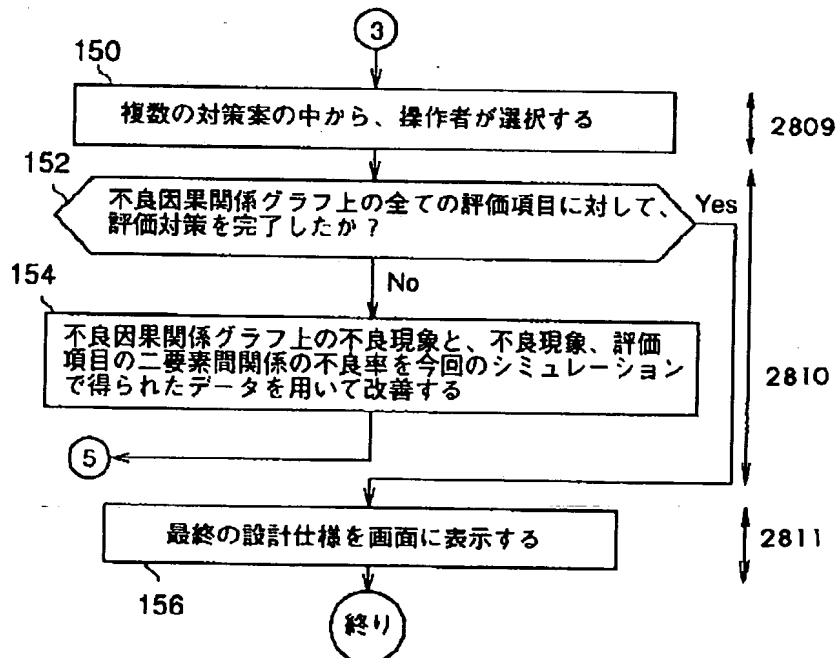
【図9】



【図14】

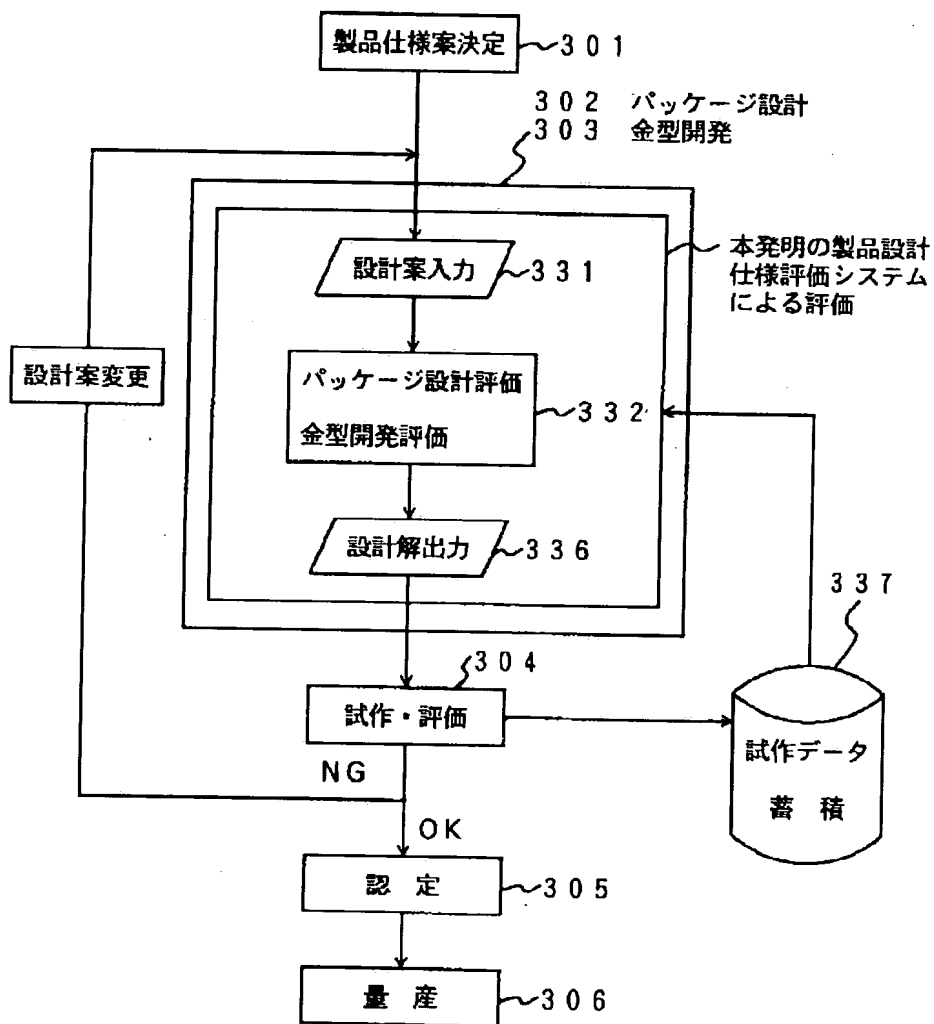
図14

本発明の実施例の処理手順 (4)

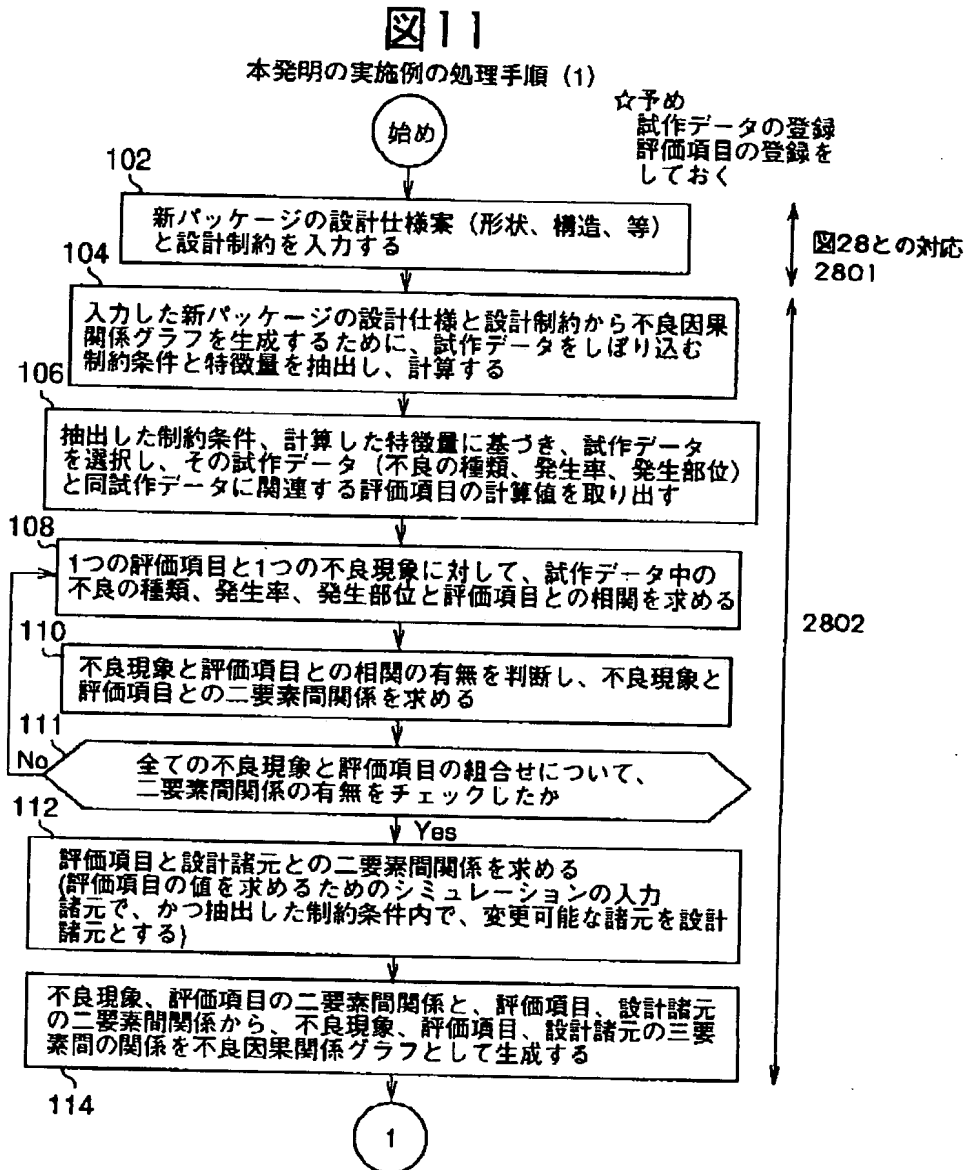


【図10】

本発明による製品設計仕様評価システムを用いての
半導体プラスチックパッケージの開発過程の概念図（図10）

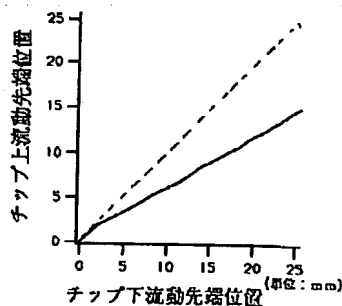


【図11】



【図32】

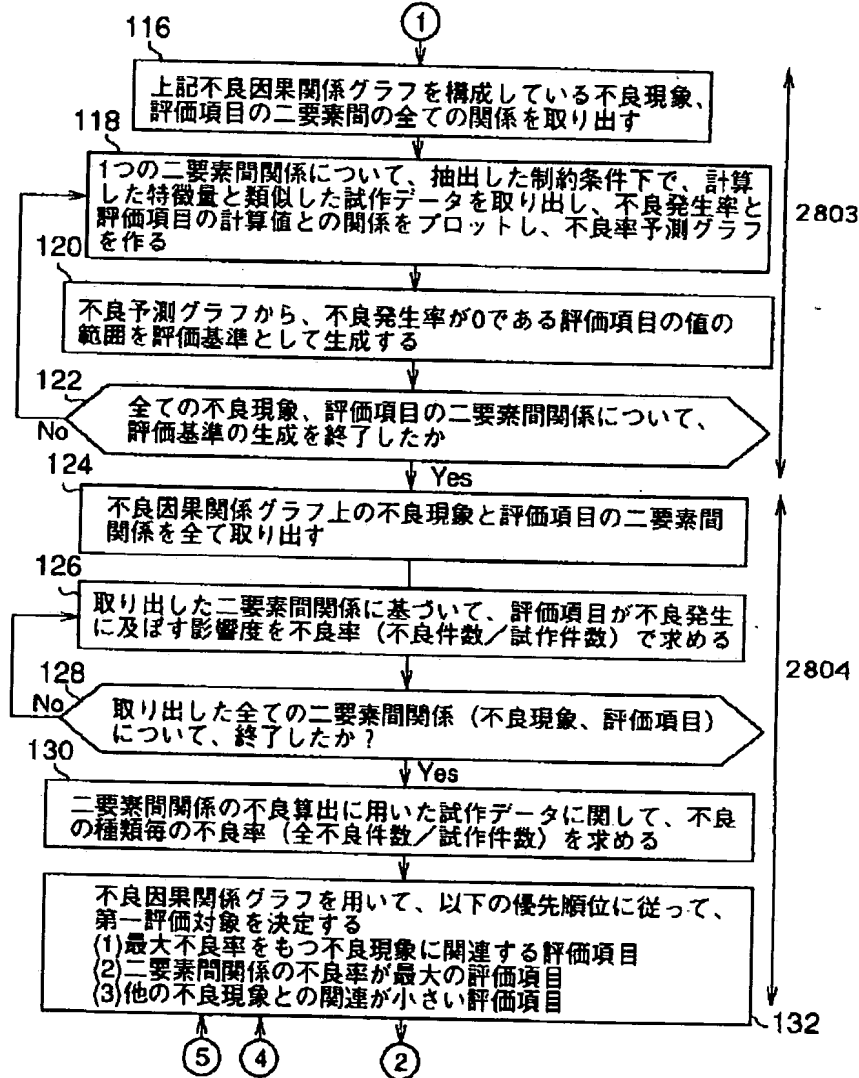
流動バランス(チップ上下流動バランス)の散布図(図32)



【図12】

図12

本発明の実施例の処理手順 (2)



【図34】

感度の説明図 (図34)

設計値元 a に対する感度は、偏微分 $\frac{\partial F}{\partial a}$ とする (1)

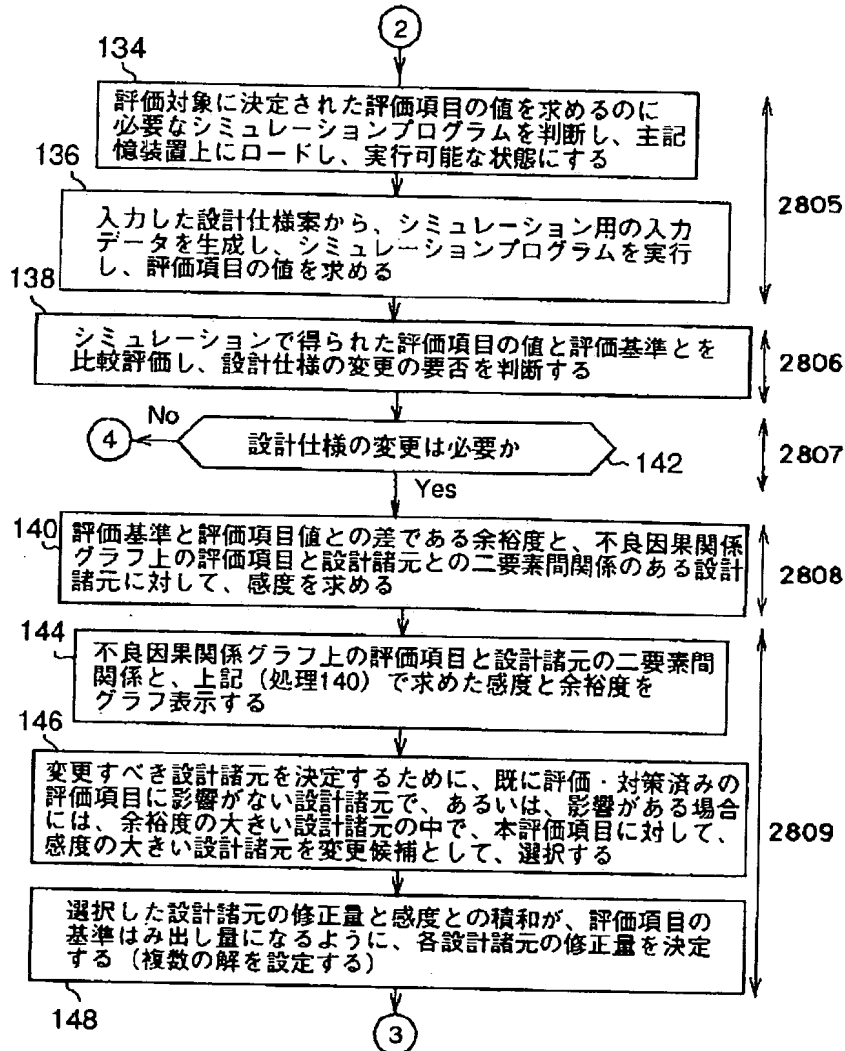
" b " " $\frac{\partial F}{\partial b}$ " (2)

" c " " $\frac{\partial F}{\partial c}$ " (3)

【図13】



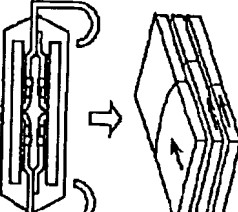

図13

本発明の実施例の処理手順 (3)



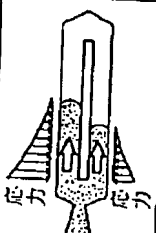
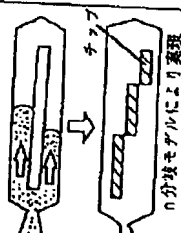
【図15】

流動解析および変形解析用のシミュレーション・モデル一覧(1) (図15)

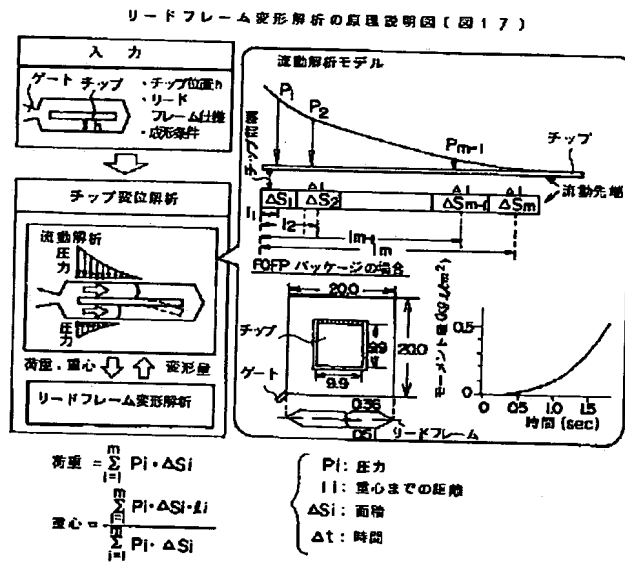
No.	解析項目	イメージ図	評価項目	主要な設計諸元	備考
1	チップ位置考慮 バランス解析		① 流動先端距離比の変化 ② 流速 ③ 粘度変化 ④ 圧力変化	① チップ位置 (チップ上下レジン厚) ② チップ厚さ	
2	流動制御板考慮 バランス解析		同上	① チップ位置 (チップ上下レジン厚) ② チップ厚さ ③ 流動制御板仕様 (形状)	
3	積層構造の バランス解析		同上	① チップ位置 (チップ間隔, 上下レジン厚) ② チップ厚さ	
4	サイド流考慮 バランス解析		同上	① チップ位置 ② チップ厚さ ③ チップの幅	

【図16】

流動解析および変形解析用のシミュレーション・モデル一覧(2) (図16)

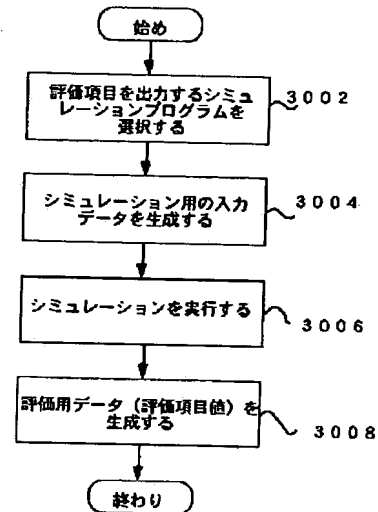
No.	解析項目	イメージ図	評価項目	主要な設計諸元	備考
5	チップ応力解析	 <p>応力 力 力</p>	① 圧力分布→応力分布 ② モーメント ③ 荷重、重心	① リードフレーム吊り位置 ② リードフレーム板厚	
6	チップ変位解析 (リードフレーム変形解析)	 <p>チップ 変位 変形</p>	① 圧力分布→応力分布 ② 変位量	① リードフレーム吊り位置 ② リードフレーム板厚	① チップ露出 ② 金線露出 ③ 貫通ボイド ④ リードフレーム変形

【図17】



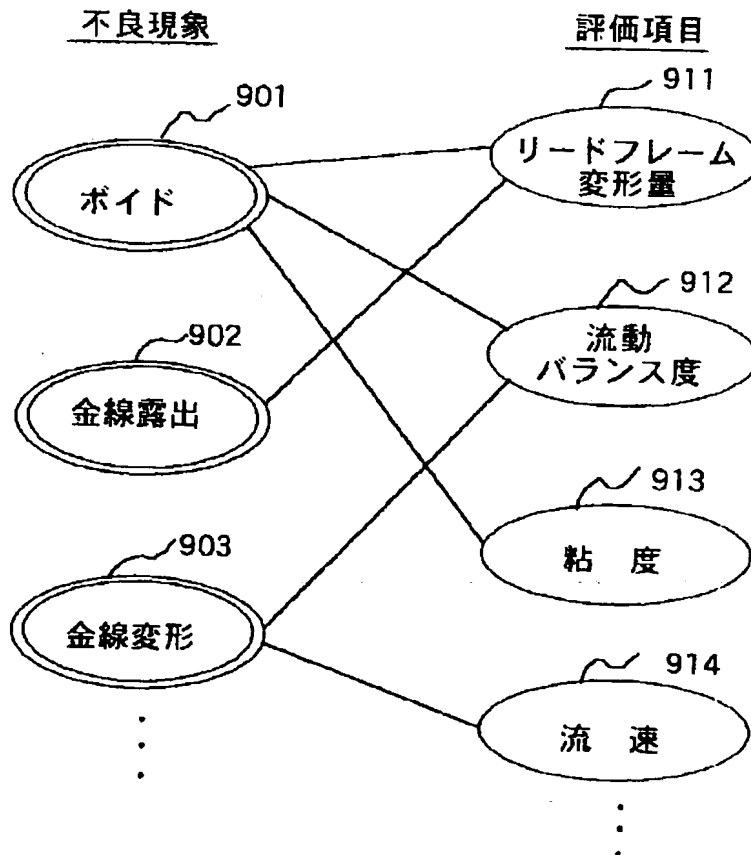
【図30】

評価項目値を求める処理の一例(図30)



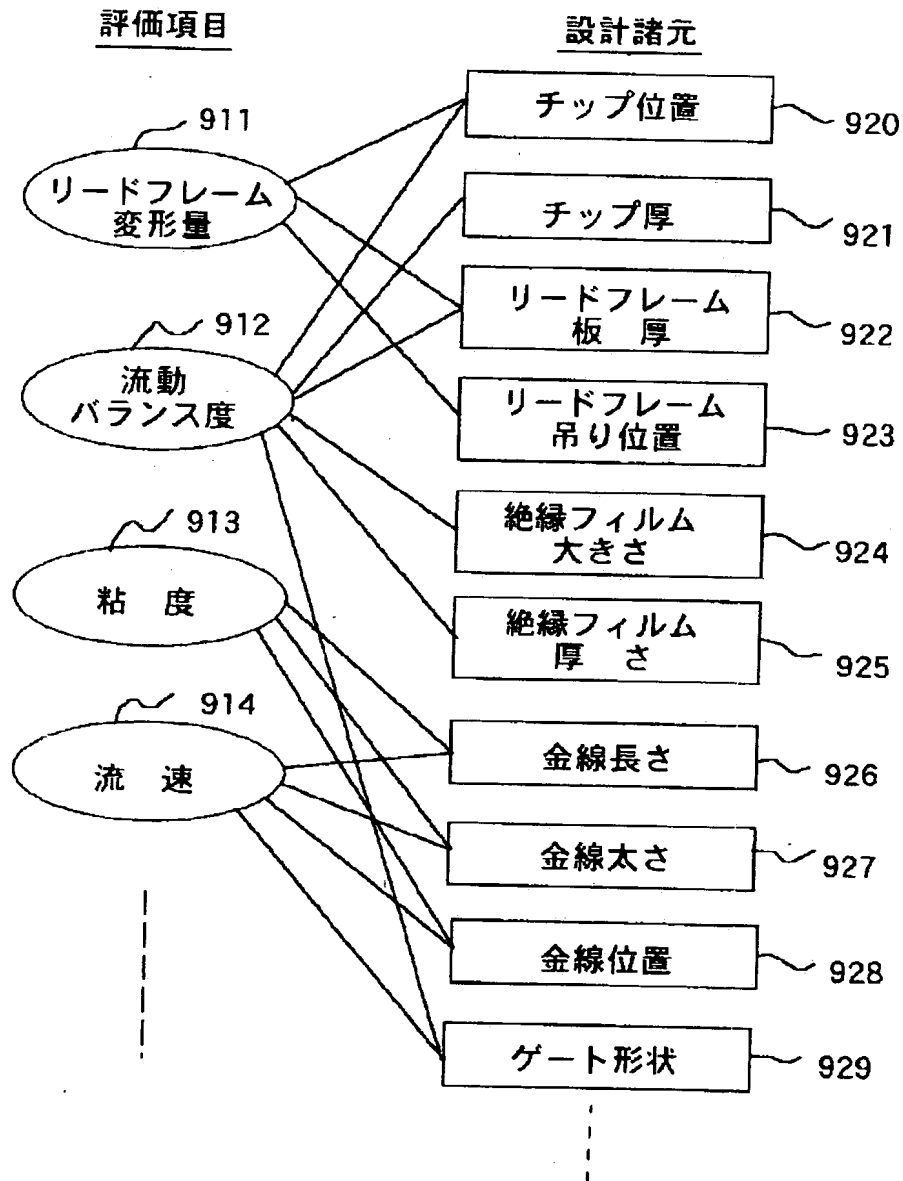
【図19】

不良現象と評価項目との二要素間関係を示す図(図19)



【図20】

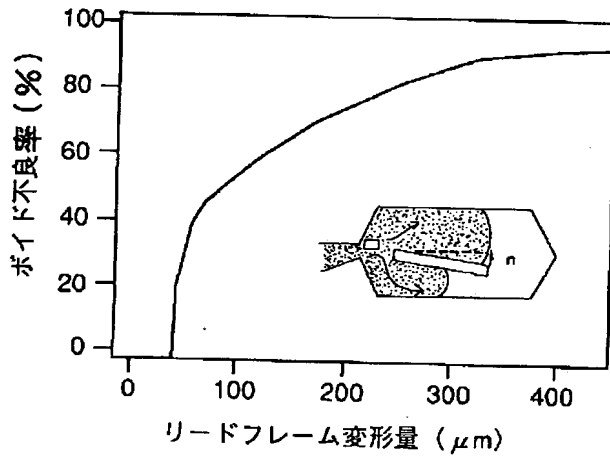
評価項目と設計諸元との二要素間関係を示す図（図20）



【図21】

【図38】

不良率予測グラフの例を示す図(図21)

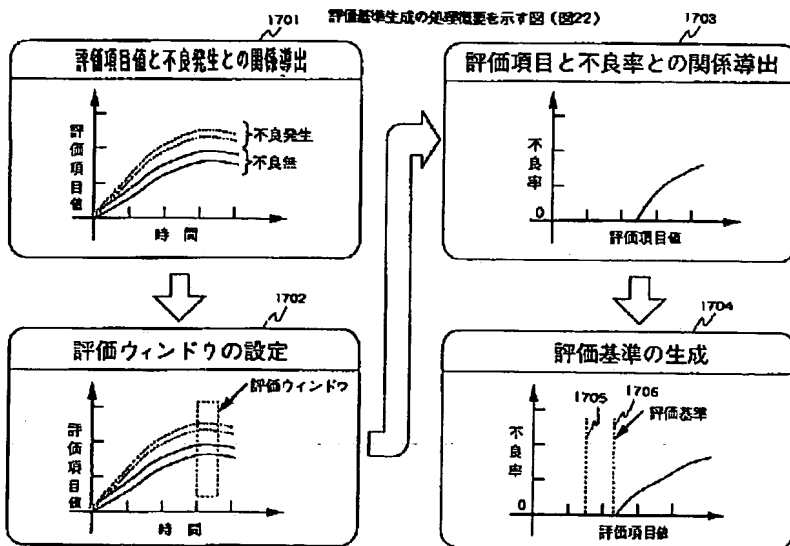


感度計算をする場合の条件の説明図(図38)

指定項目 No.	内 容	備 考
1	感度計算の 場所 設計諸元以外のパラメータの設定 ex. 時間, 位置	
2	区間 上記に関して, 巾をもって指定する。	
3	計算法 上記の区間に対して, ① 平均値 ② 最大値 ③ 中間値	

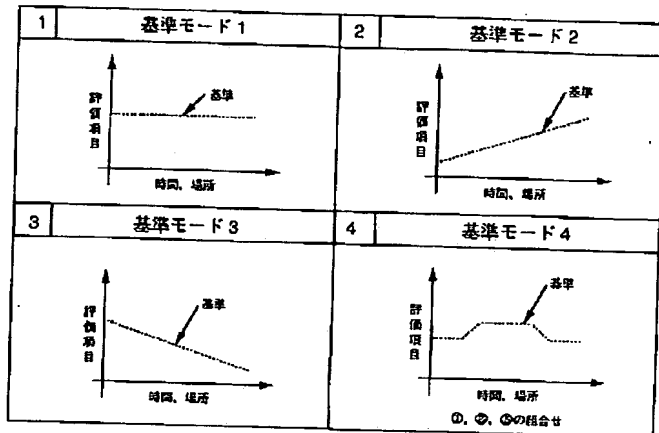
【図22】

評価基準生成の処理概要を示す図(図22)



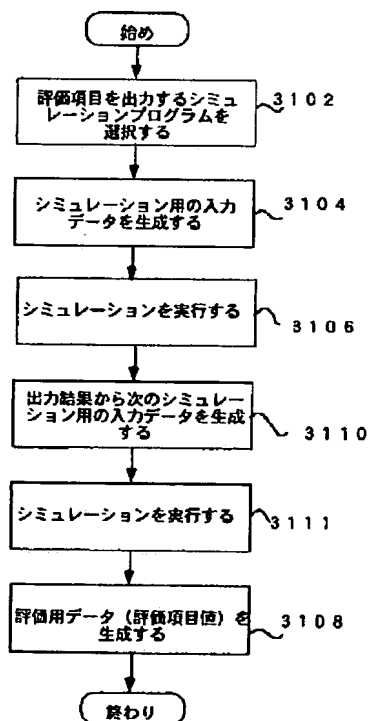
【図23】

評価基準生成における基準モード(図23)



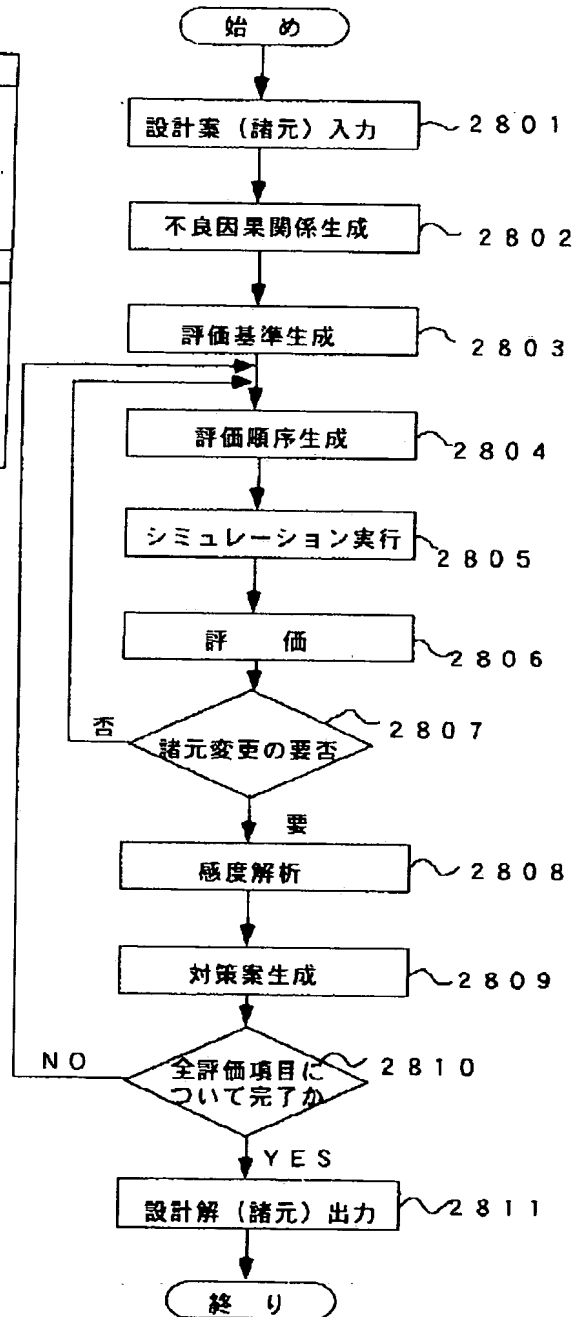
【図31】

評価項目値を求める処理の他の例(図31)



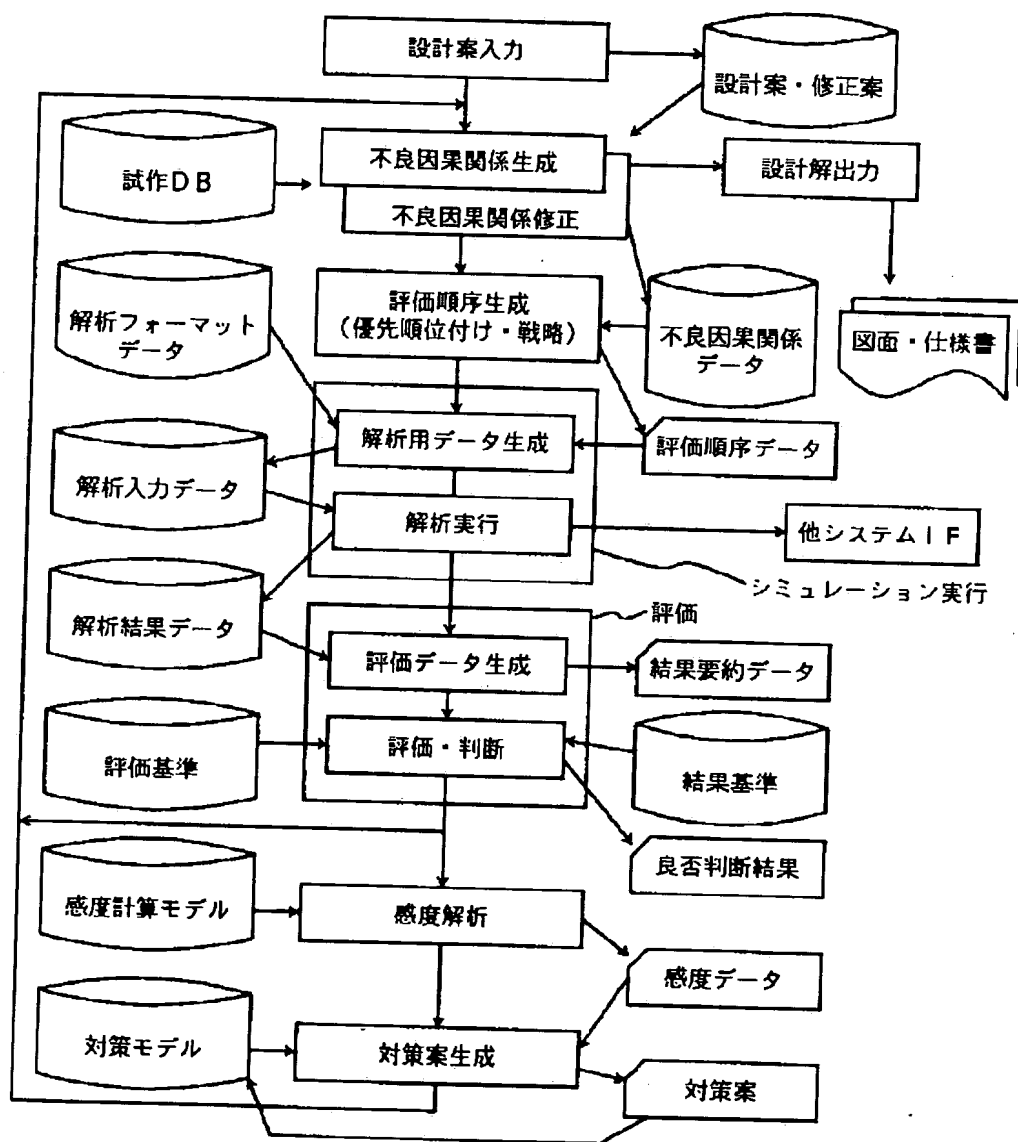
【図28】

概略フロー(図28)



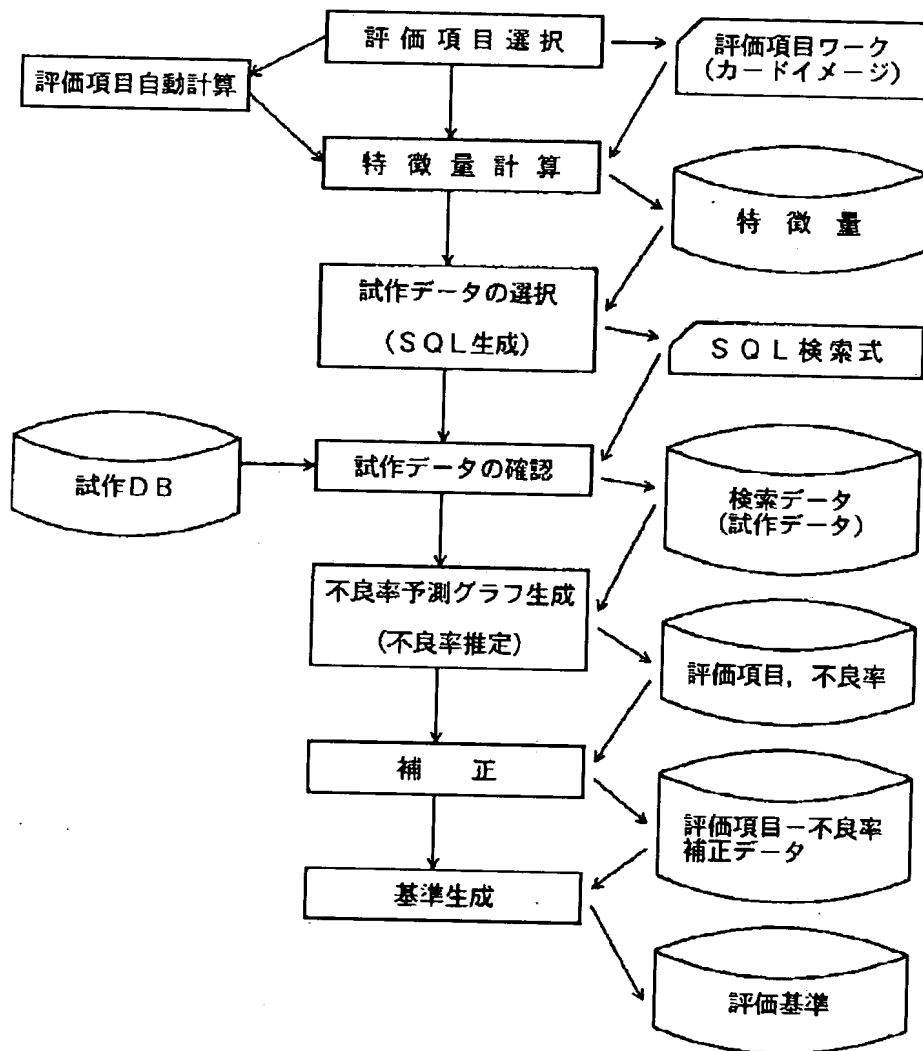
他の実施例の説明図

設計案評価・対策モード（通常モード）（図24）



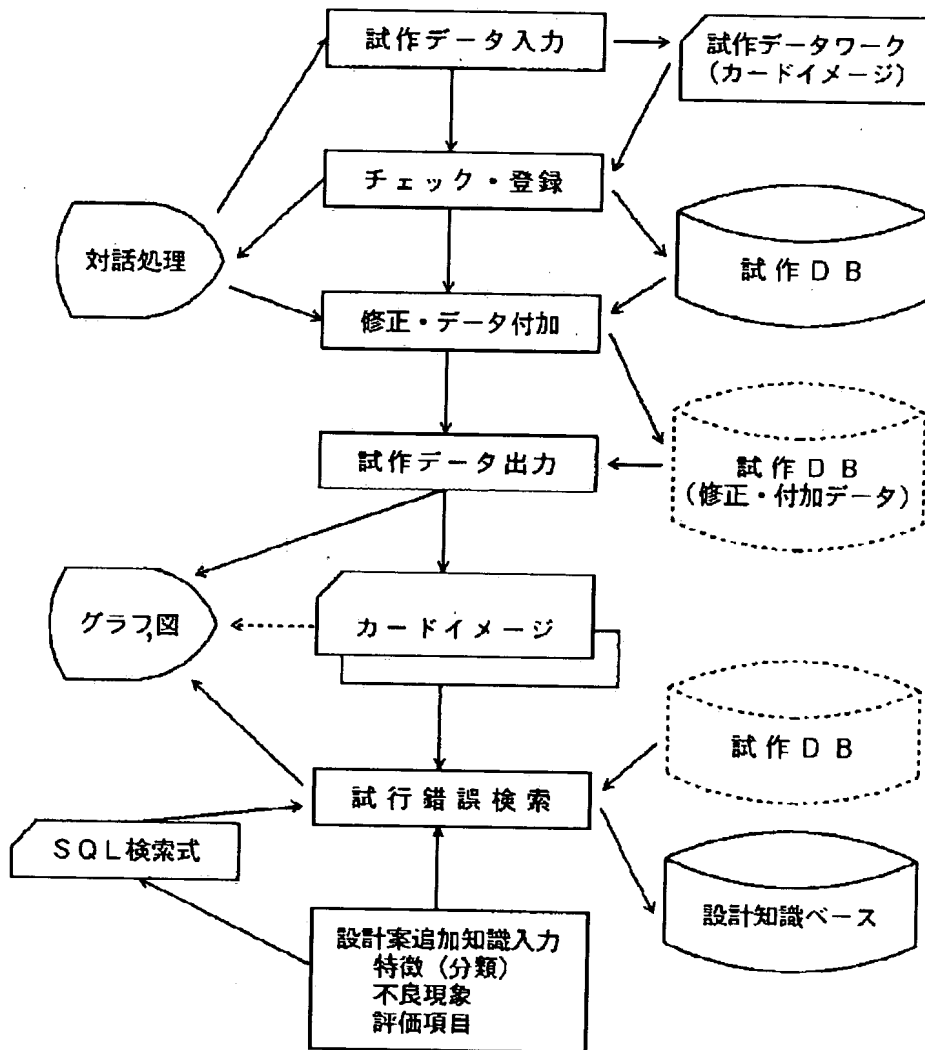
【図25】

評価（設計）基準生成モード（図25）



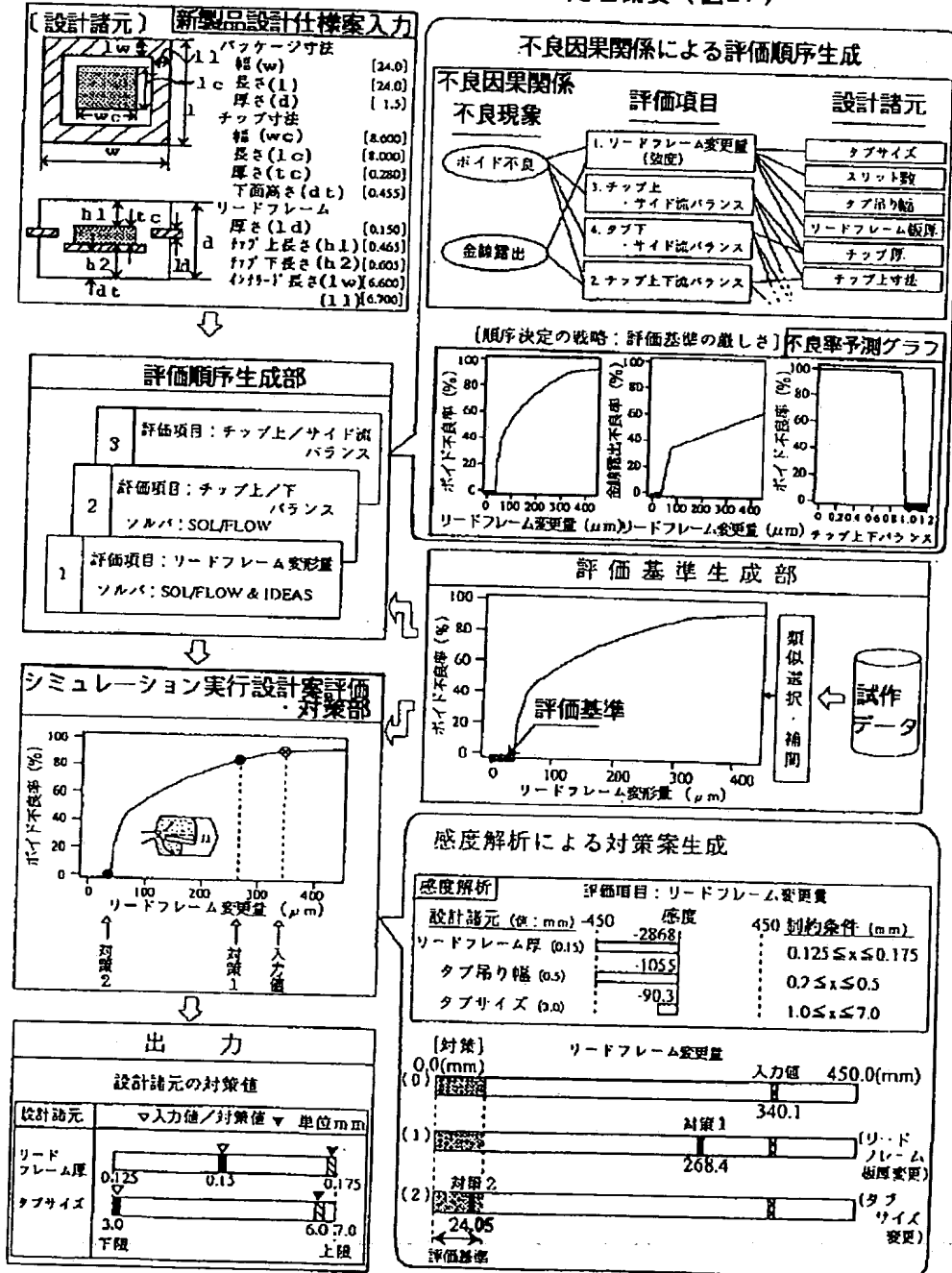
【図26】

試作データ管理・操作モード (図26)



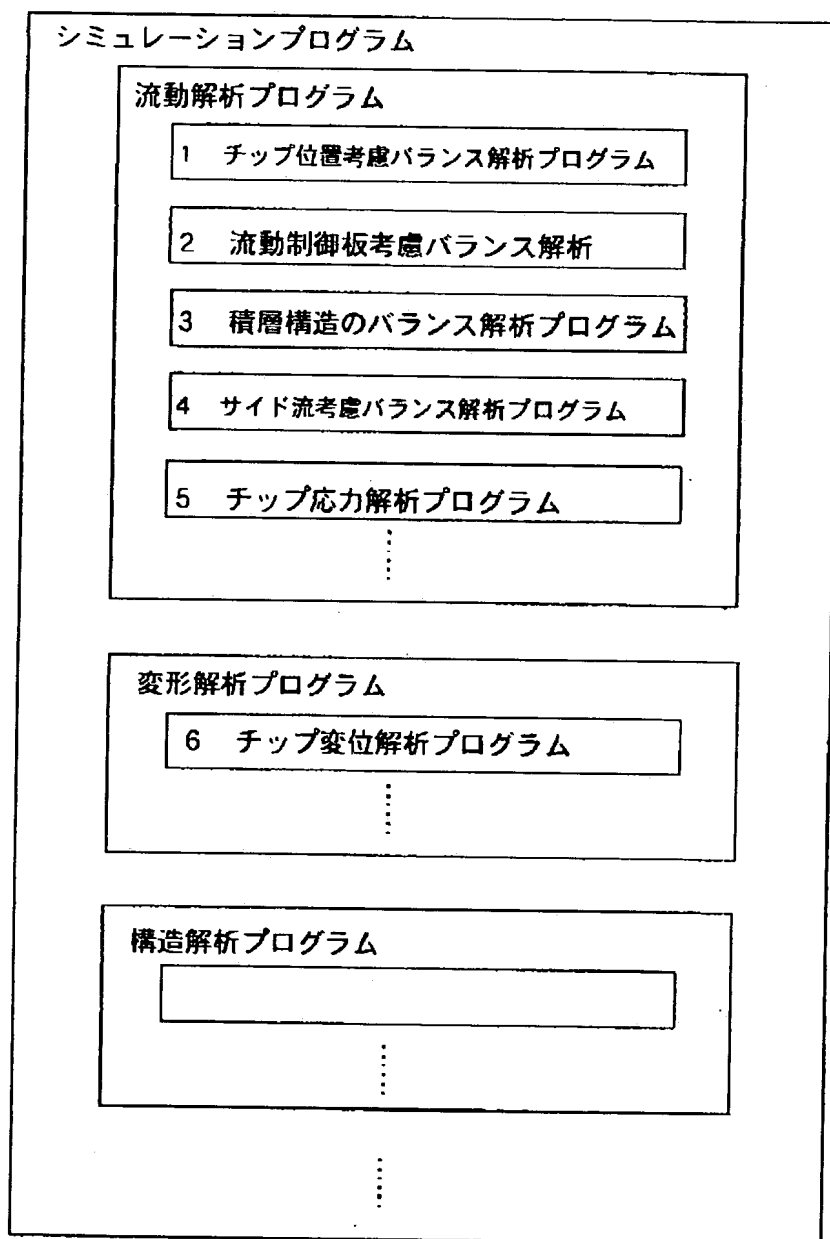
【図27】

製品設計仕様評価システムの処理概要（図27）

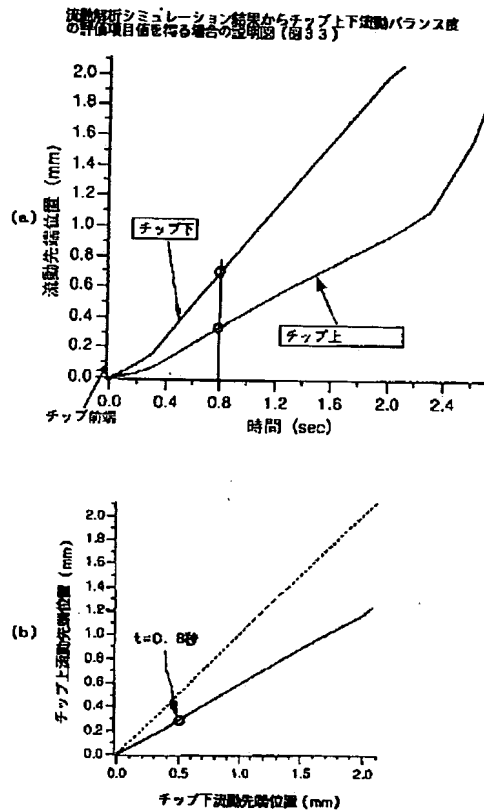


【図29】

シミュレーションプログラムの機能ブロック図 (図29)



【図33】



【図35】

感度および修正量の説明図(図35)

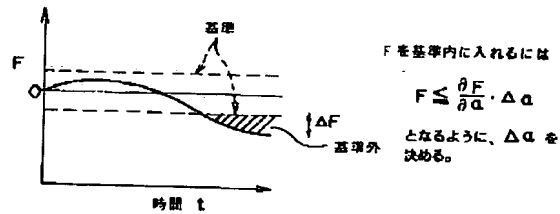
Δx リードフレーム変形: F
 リードフレームの板厚: a 吊り位置: b



$F = F(a)$ とする

$$F(a + \Delta a) \approx F(a) + \frac{\partial F}{\partial a} \cdot \Delta a$$

$$\frac{\partial F(a)}{\partial a} \approx \frac{F(a + \Delta a) - F(a)}{\Delta a}$$



ΔF : はみ出し量 (≥ 0 のとき)

$-\Delta F$: 余裕量

【図37】

ソフトウェアによる感度計算方法の説明図(図37)

№	方法	内容	利点	欠点	備考
1	直接法 (数値差分)	1つの感度を求めるのに、2回シミュレーションを行ない求める。	・プログラムの改造不要 ・任意パラメータを対象とする	・シミュレーションコスト大	
2	同種法 (モデル式)	シミュレーション・モデルの中に、パラメータの微分項を取り入れ、1回のシミュレーションによって、求める。	・シミュレーションコスト小	・プログラムの改造要(モデル化含) ・対象パラメータ限定	
3	学習データ法	全パラメータに対する感度データを事前に求めておき、そのデータを基に学習・修正することで求める。	・事前にデータ収集可能 ・シミュレーションコスト小	・実現性(要求精度)	

【図36】

表18-1 感度の表現法 (図36)

No.	感 度 表 現	内 容	備 考
1	$\frac{\partial F}{\partial a}$	関数Fを線形化して、修正量 Δa を求める係数として定義する。	$\Delta F \leq \frac{\partial F}{\partial a} \cdot \Delta a$ 修正量
2	$\frac{\partial F}{\partial a} \cdot a$	上記に加えて、修正量をパラメータの比率で表現できる係数として定義する。 複数パラメータ間の修正量を調整する場合に役に立つ。	$\Delta F \leq \left(\frac{\partial F}{\partial a} \cdot a \right) \cdot \frac{\Delta a}{a}$
3	$\frac{\partial F}{\partial a} \cdot \frac{1}{F(a)}$	No.1に加えて、関数値の比率で表現できるように定義する。 複数の関数値 (評価項目間の値) を考慮する場合に役に立つ。	
4	$\frac{\partial F}{\partial a} \cdot \frac{a}{F(a)}$	No.2, 3を合わせたもの。	

【図41】

設計諸元の修正方法の説明図 (図41)

式4において $k_a = a_1, k_b = a_2, \dots, \Delta a = \Delta x_1, \Delta b = \Delta x_2 \dots$ とおく
 $a_1 \cdot \Delta x_1 + a_2 \Delta x_2 + \dots + a_n \Delta x_n = \Delta G \quad \dots\dots\dots ①$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{x}_1 \leq x_1 \leq \overline{x}_1 \\ \underline{x}_2 \leq x_2 \leq \overline{x}_2 \\ \vdots \\ \underline{x}_n \leq x_n \leq \overline{x}_n \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots ②$$

ただし、 \underline{x}_n は x_n の許容される下限値

\overline{x}_n は " " 上限値

$$\left. \begin{array}{l} f_1(x_1, \dots, x_n) = 0 \\ \vdots \\ f_n(x_1, \dots, x_n) = 0 \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots ③$$

	優先順	重要度		
x_1	2	0		
x_2	1	0		
\vdots	\vdots	\vdots		
x_n	n	2		

④

〈設計ノウハウに係わる、設計諸元間の決定の優先順序あるいは重要度〉

分類	制 約		内 容	操 作	備 考
	概 要	項 目			
外的 制 約	設計に依存する制約 (入力制約)	諸元の許容範囲	②式に示すような諸元の許容範囲		
		諸元間の大小関係	$x_1 < x_2$ のような諸元間の大小関係 (③式)		
		変更の優先順、重要度	諸元の変更に、製造条件、現格等から変更 (④式)		
内的 制 約	決定順序による制約	既設定諸元の制約	感度、及び関連する評価値の余裕度により制約する		・戦略により決定

フロントページの続き

(72)発明者 西 邦彦

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体設計開発センタ内

(72)発明者 安原 敏浩

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体設計開発センタ内